2e ANNÉE N° 21 15 NOVEMBRE 1891

REVUE GÉNÉRALE
DES SCIENCES
PURES ET APPLIQUÉES

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER

LA CHRONOPHOTOGRAPHIE [1]

NOUVELLE MÉTHODE POUR ANALYSER LE MOUVEMENT DANS LES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

Les sciences progressent en raison de la précision de leurs méthodes et de leurs instruments de mesure. La balance, le thermomètre, le manomètre ont donné à la chimie et à la physique la précision que nous admirons aujourd'hui. Ces divers instruments expriment la valeur statique des forces qu'ils doivent mesurer : la balance indique le poids actuel d'un corps en lui faisant équilibre avec des poids connus; le manomètre équilibre pareillement la pression d'un gaz par celle d'une colonne de mercure.

Mais, sous leur forme primitive, ces instruments seraient incapables d'exprimer les variations qui surviennent à chaque instant dans le poids d'un liquide qui s'évapore, ni dans la pression d'un gaz dont on change la température. Aussi, pour mesurer les variations qui surviennent dans l'intensité des forces physiques, a-t-il fallu créer de nouveaux instruments que l'on nomme *inscripteurs* ou *enregistreurs*, et grâce auxquels on obtient, sous forme de courbes plus ou moins sinueuses, l'expression des changements de poids, de pression, de température, de tension électrique, etc. C'est avec ces instruments que les météorologistes suivent, en chaque point du globe, les variations de l'état de l'atmosphère, que les physiologistes inscrivent les changements les plus délicats de la pression du sang, de la force des muscles, de la température des organes.

Or, tous les corps de la Nature présentent des *caractères extérieurs* sur lesquels notre vue nous renseigne, à la condition que ces caractères ne varient pas de manière à rendre l'observation impossible. La forme des corps, leurs dimensions, leur position dans l'espace peuvent être exactement appréciées à l'état statique; nous savons même, depuis un temps immémorial, représenter par le dessin ces caractères extérieurs. Mais cette laborieuse représentation des objets est souvent insuffisante, car elle ne peut montrer qu'à l'état de repos, des corps qui changent de forme ou qui se déplacent constamment.

La photographie est venue porter à la perfection la représentation des objets immobiles; elle nous en donne les images avec les détails les plus délicats; elle sait en réduire ou en agrandir la dimension, à une échelle connue et avec une précision que nulle autre méthode ne saurait atteindre. La photographie est donc, pour certaines sciences, l'auxiliaire le plus puissant : les sciences naturelles, par exemple, ne sauraient plus se passer de son concours; aussi notre savant confrère M. Janssen a-t-il caractérisé d'une manière fort heureuse les propriétés de la plaque photographique en l'appelant la rétine du savant.

Eh bien, cette rétine merveilleuse qui perçoit en un court instant l'aspect des corps à l'état statique

[1] Conférences faites par M. Marey au Collège de France en juillet 1891.

ou d'immobilité, et qui fixe ces caractères d'une façon immuable, peut-elle saisir et fixer aussi les caractères du mouvement? Les appareils photographiques peuvent-ils se rattacher de quelque façon à la série des appareils inscripteurs qui traduisent les phénomènes de la Nature où les forces sont toujours en action, la matière toujours en mouvement?

On peut aujourd'hui répondre à cette question par l'affirmative, et nous espérons montrer que la photographie, appliquée de certaine manière, renseigne de la façon la plus exacte sur des mouvements que notre œil ne saurait saisir parce qu'ils sont trop lents, trop rapides ou trop compliqués. Cette méthode que nous allons décrire, c'est la *Chronophotographie*[1].

Si l'on considère la propriété physiologique de l'œil humain, on voit que cet organe représente, au point de vue dioptrique, un appareil photographique avec son objectif et sa chambre noire; les paupières en forment l'obturateur, tandis que la rétine, sur laquelle viennent se former les images réelles des objets extérieurs, serait la plaque sensible.

Or cette rétine jouit à un certain degré des propriétés de la plaque photographique : Boll a démontré qu'il se forme à sa surface des images qu'on voit persister quelques instants sur la rétine d'un animal récemment sacrifié, de sorte que la vision serait la perception que nous aurions d'images photographiées dans notre œil. Loin d'être permanentes, comme celles des appareils photographiques, les images rétiniennes sont fugitives; elles persistent toutefois quelques instants, prolongeant ainsi la durée apparente du phénomène qui leur a donné naissance. Cette propriété de la rétine va nous permettre d'étudier comment une image photographique peut représenter un mouvement.

Si nous sommes dans l'obscurité, de sorte que ien ne vienne mettre en action la sensibilité de notre œil, sauf un point lumineux ou un objet vivement éclairé, l'image de ce point ou de cet objet se peindra sur notre rétine et nous en conserverons l'impression quelque temps encore après que la source de lumière aura disparu. Il s'est peint dans notre œil l'image d'un objet à l'état statique, c'est-à-dire d'immobilité. Cette opération est identique à celle que nous faisons en prenant, au moyen de nos appareils, la photographie d'un objet immobile. Mais si le point lumineux se déplace rapidement au devant de notre œil, nous conserverons quelques instants une impression plus complexe, celle du trajet suivi par l'objet dans l'espace. Quand un enfant agite une baguette dont l'extrémité est incandescente et qu'il s'amuse à voir le ruban de feu qui semble onduler dans l'air, il photographie en réalité sur sa rétine *la trajectoire* d'un point lumineux ; cette trajectoire n'est pas très longue, car la rétine ne garde pas longtemps les impressions reçues. Une plaque photographique donnerait, en pareil cas, l'image entière et permanente du chemin parcouru par le point lumineux ; toutefois ce ne serait pas encore l'expression complète du mouvement, puisque cette image n'exprimerait que les positions successives occupées par le corps lumineux, abstraction faite de la durée de son parcours.

Pour exprimer complètement les caractères du mouvement, il faut introduire dans l'image *la notion de temps;* cela s'obtient en faisant agir la lumière d'une manière intermittente et à des intervalles de temps connus.

Ainsi, pendant que nous recevons l'impression rétinienne, si nous battions des paupières d'une manière intermittente, deux fois par seconde par exemple, l'image du ruban de feu qui se peindrait dans notre œil présenterait des interruptions, et le nombre des interruptions contenues sur une certaine longueur de la trajectoire lumineuse exprimerait, en demi-secondes, le temps que le mobile a employé pour effectuer ce parcours. Or, ce sont là, précisément, les conditions de la chronophotographie.

Nous nous proposons d'indiquer d'une façon sommaire ses méthodes et ses principales applications.

Méthodes

I. — CHRONOPHOTOGRAPHIE SUR PLAQUE FIXE

Supposons qu'on braque un appareil photographique sur un champ obscur et que, l'objectif étant ouvert, on lance devant ce champ une boule brillante éclairée par le soleil, de telle sorte que l'image de cette boule impressionne sucessivement différents points de la plaque sensible. On trouvera sur cette plaque une ligne continue représentée (fig. 1) par la courbe supérieure qui représentera exactement la trajectoire suivie par le corps brillant. Si nous répétons l'expérience en admettant la lumière dans la chambre noire d'une manière intermittente, et à des intervalles de temps égaux, nous obtiendrons une trajectoire discontinue (courbe inférieure de la même figure), dans laquelle seront représentées les positions successives du mobile aux instants où se sont produites les admissions de la lumière : c'est la courbe chronophotographique.

[1] Nous avions d'abord désigné notre méthode sous le nom de *Photochronographie;* mais le Congrès international de Photographie réuni à Paris, en 1889, a fixé la terminologie relativement aux différents procédés (Voir procès-verbaux et résolutions du Congrès, p. 66), et adopté le nom de *Chronophotographie*. Nous nous conformerons à cette décision.

Cette méthode suppose que l'intervalle de temps qui sépare deux images successives soit toujours

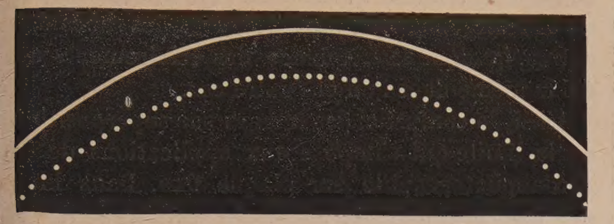


Fig. 1. — Trajectoire simple et trajectoire chronophotographique d'une boule brillante qui se déplace devant un champ obscur.

le même et qu'on en connaisse exactement la valeur. Pour obtenir les meilleures images possibles, il faut que l'objet soit vivement éclairé et le fond sur lequel il se détache parfaitement obscur [1]; en outre, la durée des admissions de lumière doit être très courte et les intervalles entre deux éclairements successifs parfaitement égaux.

La figure 2 représente la disposition primitive que nous avions donnée à l'appareil chronophoto-

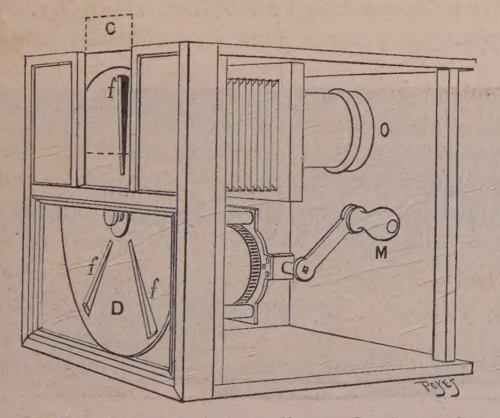


Fig. 2. — Disposition de l'appareil pour la chronophotographie sur plaque fixe et sur champ obscur.

graphique. On faisait tourner au moyen d'une manivelle un disque fenêtré D, dont la rotation était réglée et parfaitement uniformisée au moyen d'un régulateur. La plaque sensible s'introduisait avec son châssis C au foyer de l'objectif O. A chaque passage d'une fenêtre (*f*), cette plaque recevait une image représentant l'objet éclairé, avec sa forme et sa position actuelles. Or, comme l'objet se déplaçait entre deux images successives, on obtenait une série d'images analogues à celles de la boule (fig. 1), indiquant les attitudes et les positions successives de l'objet en mouvement. L'intervalle entre les images était parfaitement réglé à 1/10 de seconde; la durée des éclairements était de 1/500 de seconde; enfin, une règle métrique avec ses divisions était placée devant le champ obscur, dans le même plan que l'objet photographié. L'image de cette règle, reproduite sur la plaque sensible, servait d'échelle pour mesurer la grandeur réelle de l'objet et les espaces qu'il avait parcourus dans chaque dixième de seconde.

L'image ainsi obtenue donnait, avec toute la précision d'une épure géométrique, les deux notions d'espace et de temps qui caractérisent tout mouvement. Toutefois, ces deux notions qu'il s'agissait de concilier dans la chronophotographie, sont, dans une certaine mesure, incompatibles entre elles, de sorte que, pour les obtenir toutes deux, on est souvent obligé de recourir à certains artifices, ainsi qu'on va le voir.

Pour une même vitesse de translation, si l'objet étudié couvre peu de surface dans le sens du mouve-

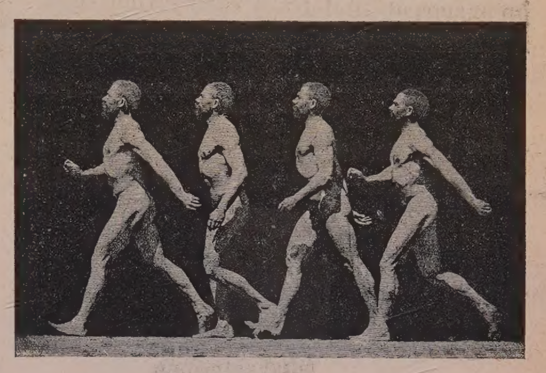


Fig. 3. — Un homme qui marche : attitudes successives données par la chronophotographie sur plaque fixe.

ment, on en peut recueillir un grand nombre d'images sans que celles-ci se confondent en se superposant. C'est le cas du projectile que nous considérions tout à l'heure. La notion de temps est donc très complète quand celle d'espace est très restreinte.

Mais si nous prenons les images successives d'un homme qui marche (fig. 3), la notion d'espace est plus complète : chaque image couvre une surface étendue, et renseigne sur les positions que prennent



Fig. 4. — Cheval arabe au galop. La grande surface couverte par chacune des images fait qu'elles se superposent entre elles presque complètement.

le corps, les bras et les jambes. Mais, par cela même que chaque image occupe plus d'espace, le nombre qu'on en peut prendre est moins grand, sans quoi la confusion se produirait par superposition de ces images.

[1] Voir pour la manière d'obtenir un bon champ obscur, la *Méthode graphique* (supplément p. 22 et suiv.,) Paris, Masson, 1884.

Avec un gros animal, un cheval par exemple, le nombre des images devra être très restreint, car la longueur de chacune d'elles, mesurée dans le sens du mouvement, est très grande et la superposition se produirait ainsi qu'on le voit sur la figure 4 représentant un cheval au galop.

Pour des vitesses de translation différentes, le nombre des images qu'on peut prendre en un temps donné sans que la confusion se produise est d'autant plus grand que la translation est plus rapide.

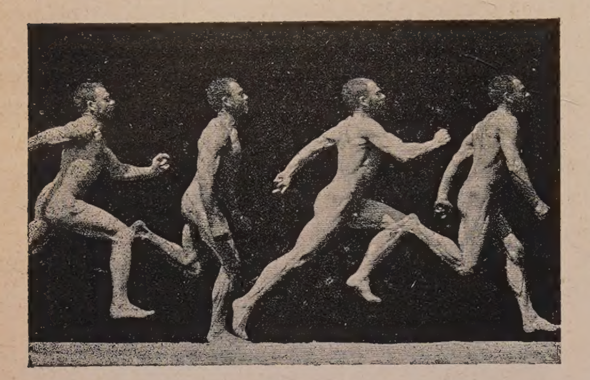


Fig. 5. — Homme qui court. Chronophotographie sur plaque fixe.



Fig. 6. — Homme vêtu de noir et par conséquent invisible quand il passera devant le champ obscur. Des lignes blanches qu'il porte sur les bras et les jambes seront seules marquées dans l'image chronophotographique.

On peut s'en convaincre en comparant les images successives d'un homme qui court (fig. 5), avec celles d'un homme qui marche (fig. 3) : les images du coureur sont bien plus éloignées les unes des autres, quoique la fréquence des éclairements ait été la même dans l'un et l'autre cas.

Ainsi, la confusion des images par superposition est la limite qui s'impose aux applications de la chronophotographie sur plaque fixe. Dans bien des cas cependant, au moyen de certains artifices, on échappe à cet inconvénient.

Le moyen le plus naturel consistait à réduire artificiellement la surface du corps étudié. On rend invisibles, en les noircissant, les parties qu'il n'est pas indispensable de représenter dans l'image, et l'on rend lumineuses au contraire celles dont on veut connaître le mouvement. C'est ainsi qu'un homme vêtu de velours noir (fig. 6) et portant sur les membres des galons et des points brillants, ne donne, dans l'image, que des lignes géométriques sur lesquelles pourtant se reconnaissent aisément les attitudes des différents segments des membres.

Dans l'épure que l'on obtient ainsi (fig. 7), le nombre des images peut être considérable et la notion de temps très complète, puisque celle d'espace a été volontairement restreinte au strict nécessaire.

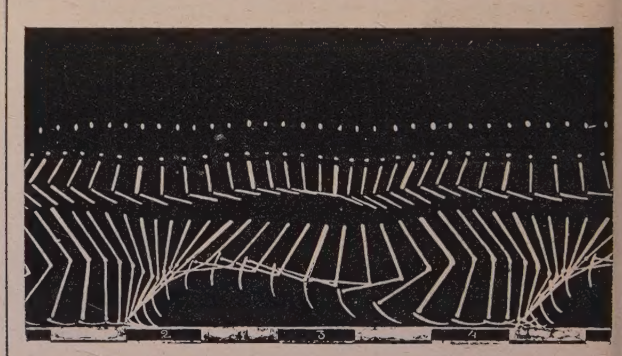


Fig. 7. — Images d'un coureur réduite à des lignes brillantes qui représentent l'attitude de ses membres. Chronophotographie sur plaque fixe.

II. — CHRONOPHOTOGRAPHIE SUR PELLICULE MOBILE

Les résultats donnés par la chronophotographie pour l'analyse des mouvements sont donc très suffisants lorsqu'on n'en veut connaître que les caractères mécaniques ; nous les passerons en revue plus tard. Mais cette méthode ne saurait satisfaire le physiologiste qui veut analyser les mouvements d'ensemble d'un organe; elle ne satisferait pas non plus l'artiste qui, dans un groupe de personnages, voudrait suivre les attitudes et les expressions de chacun d'eux. En outre, la chronophotographie sur plaque fixe ne peut être réalisée que dans des conditions spéciales, devant un fond

parfaitement obscur; un grand nombre de phénomènes lui échappent donc : les mouvements des nuages, ceux de la mer, la marche des navires, les allures des animaux sauvages, etc.

Pour obtenir une série d'images dans ces différents cas, il faut les recueillir sur une plaque sensible qui se déplace et présente successivement des points différents de sa surface au foyer de l'objectif photographique. Le revolver astronomique avec lequel M. Janssen recueillit une série d'images de la planète Vénus passant sur le disque lumineux du Soleil renferme le principe de ce procédé. Mais les images des deux astres étaient prises à des intervalles assez longs, il fallait, pour saisir les mouvements si rapides qu'exécutent les êtres animés, trouver un mécanisme très rapide lui-même. Nous avons construit à cet effet, il y a quelques années, une sorte de fusil dont le canon contenait un objectif et qui renfermait dans sa culasse une glace photographique circulaire [1]. On visait l'objet en mouvement, et en pressant sur la détente, on mettait en action le mécanisme. La glace sensible tournait sur elle-même et s'arrêtait douze fois par seconde pour recevoir les images de l'objet; la durée de la pose était à peu près de 1/720 de seconde.

Malgré les difficultés mécaniques qu'il avait fallu surmonter pour obtenir une telle fréquence d'images, le résultat obtenu n'était pas encore satisfaisant : ces images étaient trop petites et, à l'agrandissement, ne donnaient que des détails insuffisants.

Si nous avons éliminé systématiquement les appareils à objectifs multiples, comme celui de Muybridge qui a donné pourtant de si admirables résultats, c'est que, dans ces appareils, les divers objectifs *voient*, si l'on peut ainsi dire, l'objet photographié sous des incidences différentes. Or ces changements de perspectives, s'ils n'ont pas d'inconvénients quand on opère sur des objets éloignés et de grandes dimensions, ne permettraient pas d'étudier les objets de petite taille, qui doivent s'observer de très près, à plus forte raison les êtres microscopiques. C'est pourquoi nous nous sommes décidé à l'emploi d'un objectif unique au foyer duquel une longue bande de pellicule sensible passe en s'arrêtant pour recevoir chaque image; passe encore, s'arrête de nouveau, et cela avec une telle vitesse qu'on peut obtenir jusqu'à 60 images à la seconde, chacune de ces images n'employant à se former qu'un temps de pose très court variant de 1/1000 à 1/25000 de seconde.

Nous ne rappellerons pas les nombreuses tentatives à travers lesquelles il a fallu poursuivre la réalisation de ce programme ; nous nous bornerons à décrire l'appareil unique dans lequel sont définitivement réunies les dispositions nécessaires pour la chronophotographie, soit sur plaque fixe, soit sur pellicule mobile. Cet appareil recueille également bien les images réduites de grands objets éloignés, les images en grandeur réelle de petits objets rapprochés, enfin les images très amplifiées des êtres qui se meuvent dans le champ du microscope.

Ajoutons que la difficulté de saisir un mouvement ne tient pas toujours à sa trop grande vitesse ; certains mouvements nous échappent encore par leur lenteur : c'est ainsi que l'aiguille d'une montre nous paraît immobile. Or il y a des mouvements bien plus lents qu'il est important de rendre saisissables: la chronophotographie se prête également bien à l'analyse de ces mouvements très lents.

III. — DESCRIPTION DU CHRONOPHOTOGRAPHE COMPLET.

Le chronophotographe complet (fig. 8) renferme, avons-nous dit, tout ce qui est nécessaire pour

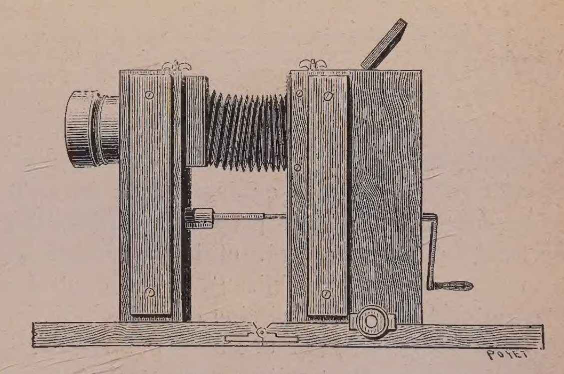


Fig. 8. — Disposition nouvelle de l'appareil, se prêtant à toutes les applications de la chronophotographie. (Echelle 1/10.)

prendre des images, soit sur une plaque fixe, soit sur une bande pelliculaire qui se déplace; son tirage variable et la possibilité de changer l'objectif dont on se sert permettent d'obtenir, suivant le besoin, des images réduites ou amplifiées ; la fréquence et l'étendue de ces images, la durée des temps de pose et l'intensité des éclairements peuvent être réglés suivant le besoin.

Nous décrirons d'abord les pièces qui sont nécessaires pour la chronophotographie sur plaque fixe, c'est-à-dire pour le cas le plus simple.

A. *Pièces qui servent à la chronophotographie sur plaque fixe.* — Nous avons vu qu'un appareil photographique très simple, dans lequel la lumière arrive d'une façon intermittente, suffit pour appliquer cette méthode. Ces pièces sont faciles à reconnaître dans la fig. 8, où l'on voit les deux corps de l'appareil réunis par un soufflet. L'arrière-corps glisse sur un rail au moyen d'un bou-

[1] Voir supplément à la *Méthode graphique*, p. 12.

ton à crémaillère, suivant les besoins de la mise au point. L'objectif dont on se sert doit toujours être contenu dans une boîte fendue en dessous (fig. 9) et qui coulisse dans une ouverture

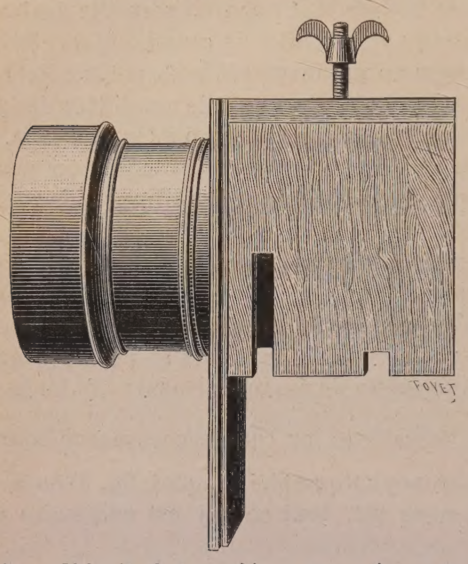


Fig. 9. — Objectif photographique en partie contenu dans sa boîte. La planchette située en avant entre dans une coulisse de l'avant-corps de l'appareil. La fente située au-dessous de la caisse laisse passer les disques obturateurs. (Echelle 1/3).

de l'avant-corps de l'appareil qu'elle remplit exactement. La fente située au-dessous de la boîte coupe en deux l'objectif perpendiculairement à son axe optique principal, et laisse passer les disques fenêtrés qui produiront, en tournant, des intermittences dans l'admission de la lumière.

Le soufflet s'adapte par une de ses extrémités à la boîte de l'objectif, tandis que l'autre, collée à

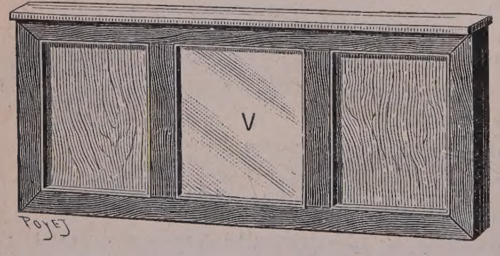


Fig. 10. — Châssis à verre dépoli V pour la mise au point dans la chronophotographie sur plaque fixe.

l'arrière-corps, se trouve, par sa large ouverture, en rapport soit avec le châssis à verre dépoli (fig. 10), soit avec le châssis photographique (fig. 11).

Les seules pièces qui méritent une description spéciale sont les *disques obturateurs* et l'*arbre* qui sert à leur transmettre le mouvement.

Les disques obturateurs tournent en sens contraire l'un de l'autre; la rencontre des ouvertures dont ils sont percés produit les éclairements. Cette disposition permet d'employer des disques de petit diamètre et par conséquent de réduire beaucoup les dimensions totales de l'appareil. Celui-ci, en effet, n'excède pas le volume ordinaire d'une chambre 18-24.

Quant à l'arbre qui fait tourner les disques, il emprunte son mouvement à des rouages actionnés par une manivelle et qu'il n'y a pas lieu de décrire en ce moment; cet arbre se fixe d'autre part à

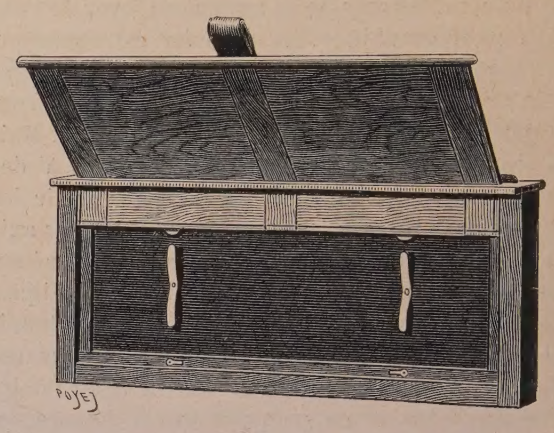


Fig. 11. — Châssis recevant la glace sensible dans la chronophotographie sur plaque fixe. Le volet du chassis est tiré.

l'axe de l'obturateur rotatif. Or, dans la mise au point, le tirage doit varier, et les deux corps de l'appareil s'éloigner plus ou moins l'un de l'autre; il faut donc que l'arbre s'accommode à ces changements de longueur : pour cela, il est formé de tubes carrés glissant à frottement l'un dans l'autre. Cette disposition se prête à toutes les applications de la chronophotographie sur plaque fixe, ainsi qu'on le dira plus loin.

B. *Pièces qui servent à la chronophotographie sur pellicule mobile.* — On a vu que, si l'objet à étudier exécute des mouvements sur place ou que, présentant une grande surface, il se déplace avec peu de vitesse, on ne peut recourir à la chronophotographie sur plaque fixe, parceque les images se confondraient par superposition. Il faut alors recevoir ces images sur une plaque qui se déplace en présentant successivement au foyer de l'objectif les différentes parties de sa surface. Nous nous servons à cet effet de plaques souples ou pellicules, taillées en longues bandes et montés sur bobines. La *bande pelliculaire* doit défiler très vite pour recevoir en un temps donné un grand nombre d'images sans que les dimensions de ces images soient trop réduites ; elle doit s'arrêter au moment de chaque pose, sans quoi les images obtenues n'auraient aucune netteté; il faut que cette bande sensible puisse être introduite dans l'appareil et en puisse être retirée sans subir l'action de la lumière ; il faut enfin, pour la bonne utilisation de la pellicule, qu'il n'en passe, entre deux éclairements consécutifs, que la quantité rigoureusement

nécessaire pour recevoir une image. Voici les dispositions qui réalisent ces conditions multiples.

Reprenons la description de l'appareil chronophotographique au point où nous l'avons laissée tout à l'heure. Le châssis qui porte la plaque fixe doit être enlevé, puisque ce n'est plus lui qui doit recevoir les images. A sa place on introduit une planchette percée d'une ouverture, *fenêtre d'admission* (fig. 12), dont la largeur, réglable à volonté,

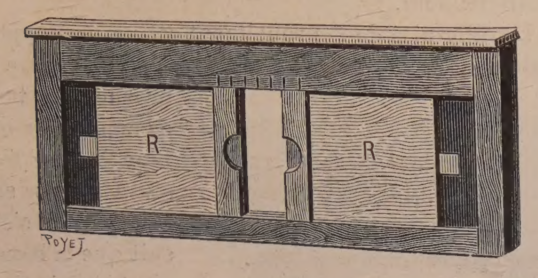


Fig. 12. — Fenêtre d'admission se substituant au chassis photographique lorsqu'on opère sur une pellicule qui se déroule. La largeur de la fenêtre se règle par le glissement des rideaux R R, suivant la dimension que doit avoir l'image.

est justement égale à celle que doit présenter chacune des images. A travers cette fenêtre, la lumière pénétrera dans la *chambre aux images* où elle rencontrera la pellicule mobile qu'un rouage d'hologerie déroule, d'un mouvement saccadé, en la faisant passer d'une bobine sur une autre.

La disposition de ces *bobines* nous occupera tout d'abord, car elles constituent l'organe essentiel qui permet de charger ou de décharger l'appareil en pleine lumière.

Les bobines [1] (fig. 13) ont 9 centimètres de hauteur. Une bande de papier fort et opaque, ayant 9 centimètres de largeur sur une longueur de

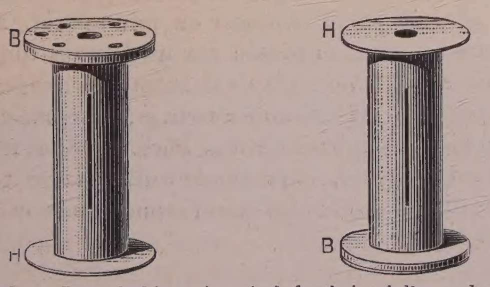


Fig. 13. — Deux bobines de métal destinées à l'enroulement de la pellicule sensible. Ces bobines sont situées en sens contraire l'une de l'autre; les lettres H et B indiquent sur chacune d'elles le haut et le bas.

plusieurs mètres, s'enroule sur une bobine dont elle remplit plus ou moins la gorge. Or, en même temps que cette bande de papier, on enroule aussi la bande de pellicule sensible qui devra recevoir les images. Voici comment on procède pour cet enroulement.

La bande de papier opaque étant, par exemple, d'un mètre plus longue que celle de pellicule, on enroule sur le noyau de la bobine, 0 m. 50 de papier seul; puis, on applique sur le papier la bande pelliculaire, la couche sensible en dehors, et on les enroule toutes deux sur la bobine en les serrant fortement. Quand on arrive à la fin de la bande pelliculaire, on fixe cette extrémité contre la bande opaque au moyen d'un morceau de papier gommé à la façon des timbres-poste; puis on achève l'enroulement des 0 m. 50 de papier qui restent encore; enfin on maintient le tout avec un lien de caoutchouc. Cette opération se fait, bien entendu, dans le laboratoire photographique et à la lumière rouge.

Pour montrer qu'une bobine est chargée, on glisse sous la bande de caoutchouc un petit morceau de papier blanc qui sert de signe; ce papier tombe de lui-même au moment de l'emploi, et ne se trouve plus, par conséquent, sur les bobines qui ont été impressionnées [1].

Voilà donc notre surface sensible bien protégée contre l'action de la lumière; il s'agit de l'introduire dans l'appareil.

Prenons une bobine chargée M, (fig. 14), ou

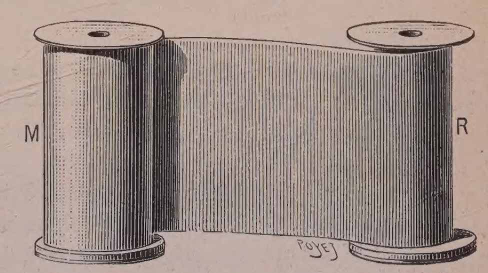


Fig. 14. — Bobine magasin chargée, M; on déroule l'extrémité de la bande de papier qui la recouvre pour l'enrouler en sens contraire sur la bobine réceptrice R.

bobine magasin, déroulons les premiers tours du papier qui la recouvre et enroulons cette extrémité sur une seconde bobine R, en sens inverse de l'enroulement de M: de sorte qu'en passant d'une bobine sur l'autre, la bande de papier affecte la forme d'un S. Ouvrons alors la chambre aux images (fig. 15), nous y trouvons deux broches verticales dont l'une, à gauche, reçoit la bobine-maga-

[1] *Les bobines* sont faites de métal. Deux fonds, l'un supérieur, mince, l'autre inférieur, épais, sont soudés aux deux bouts d'un tube métallique léger. Un trou percé au centre des deux fonds permet le passage d'une broche verticale fixée à l'intérieur de la chambre. Une couronne de petits trous percés dans la face inférieure de la bobine sert à son entraînement: quant une cheville implantée dans un disque tournant pénétrera dans l'un de ces trous, le disque entraînera la bobine dans son mouvement rotatif.

[1] Quand on opère sur des pellicules très longues, comme il serait encombrant d'avoir une égale longueur de papier, on réduit celui-ci à deux courtes bandes que l'on colle aux deux extrémités de la pellicule. Ces bandes de papier sont taillées en pointe à leur extrémité libre; on engage celle-ci dans la fente longitudinale de l'axe de la bobine au moment de procéder à l'enroulement.

sin, tandis que celle de droite reçoit la bobine réceptrice R. Deux rouleaux compresseurs exercent une pression élastique sur les bobines pour assurer la régularité de l'enroulement ou du déroulement de la bande. Quant à la bande elle-même, on l'engage dans une fente verticale (suivant la ligne ponctuée) où elle subira l'action de certains organes que nous allons décrire : Le *laminoir*, le *fixateur* et le *ressort élastique*.

Laminoir. — Il est formé d'un cylindre moteur L (fig. 15) en bois durci recouvert de caoutchouc et sur lequel se réfléchissent les bandes de papier et de pellicule dans leur trajet d'une bobine sur l'autre. C'est l'organe moteur de la pellicule. Pour le faire fonctionner, on appuie sur une détente qui abat un rouleau compresseur élastique, analogue à ceux qui pressent sur les bobines, mais d'une plus grande force. Tant que le compresseur n'est pas abattu et ne serre pas la pellicule, le laminoir tourne librement en glissant derrière la bande qui le recouvre; dès que le compresseur agit, la bande est entraînée.

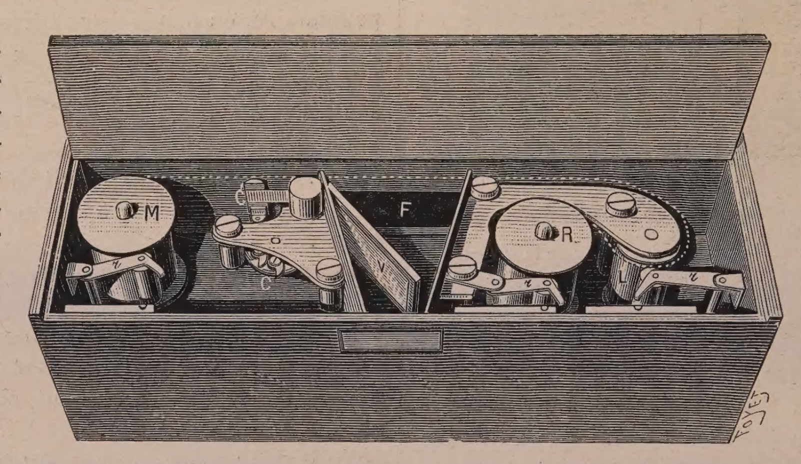


Fig. 15.— Chambre aux images, dont le couvercle est soulevé. M, bobine magasin et R bobine réceprtice sur leurs broches ; *r r r* petits rouleaux compresseurs appuyant la bande sur les bobines. L, laminoir avec son rouleau compresseur. F fenêtre d'admission. V, verre dépoli tournant à charnière. Une ligne ponctuée indique le trajet de la bande et de la pellicule. C, C′ fixateur et sa came produisant les arrêts intermittents de la bande.

Cette disposition a pour but de mettre tout d'abord les rouages en marche avant de commencer l'expérience et de les amener graduellement à leur vitesse uniforme; à partir de ce moment, l'opérateur est prêt à saisir les images dès que l'objet en mouvement se présentera dans des conditions favorables.

La bobine réceptrice R est placée, avons-nous dit, sur une broche verticale. Celle-ci tourne sur elle-même et devra entraîner cette bobine aussitôt que fonctionnera le laminoir; de cette façon la pellicule s'enroulera à mesure qu'elle aura reçu des images. Mais tant que le laminoir ne fonctionne pas, la bobine R ne doit pas tourner, car le moment n'est pas venu d'enrouler la pellicule. La broche tournera donc seule, en produisant toutefois un frottement qui *tend à entraîner* la bobine, mais ne l'entraînera effectivement qu'au moment où le laminoir entrera en fonction. Ce résultat est obtenu au moyen d'un cliquet : cet organe maintient la bobine immobile jusqu'au moment où s'abattra le compresseur du laminoir.

Une autre condition s'impose encore dans le mouvement de la bobine R : il faut que cette bobine enroule la bande à mesure que le laminoir la lui livre, sans être en retard ni en avance. Or, l'accroissement continu du diamètre de la bobine, à mesure qu'elle reçoit un plus grand nombre de tours de bande, eût produit des irrégularités dans l'enroulement.

L'uniformité de l'enroulement est naturellement obtenue par cette condition, déjà signalée, que la broche qui tend à entraîner la bobine tourne *à frottement* dans son intérieur. Il s'ensuit que la bande n'est jamais tirée avec assez de force pour surmonter la résistance du laminoir.

Nous voici déjà en mesure de produire les actions suivantes : La pellicule et son support de papier étant mis en place, nous pouvons imprimer aux rouages de l'appareil une rotation rapide. Les disques éclaireurs font, par exemple, 10 tours par seconde et le laminoir en fait autant. A un moment donné, on presse sur un bouton qui fait saillie sur le couvercle de la boîte aux images; le compresseur du laminoir s'abat, et, du même coup, la bobine réceptrice devient libre. Aussitôt le papier est entraîné, et la bande tout entière passe d'une bobine sur l'autre dans l'espace d'une ou deux secondes.

Fixateur. — Si l'on opérait avec la disposition ci-dessus décrite, on recevrait des images sur une surface en mouvement, et aucune de ces images ne serait nette. Il faut qu'au moment de l'éclairement, la bande pelliculaire cesse de se mouvoir.

Or on ne pouvait pas songer à arrêter les rouages animés de la grande vitesse dont nous venons de parler; mais il était possible d'arrêter la pellicule toute seule. Voici la disposition que nous avons employée pour cela :

Au moment où la bande pelliculaire, sortant de la bobine M, s'engage dans l'étroit espace où elle défile au foyer de l'objectif pour recevoir des

images, cette bande passe devant un organe nommé le *fixateur*. Celui-ci est formé d'un demi cylindre d'acier (C' fig. 16), maintenu verticalement par deux lames de ressort qui le pressent doucement contre la face postérieure de la pellicule *p* qui se

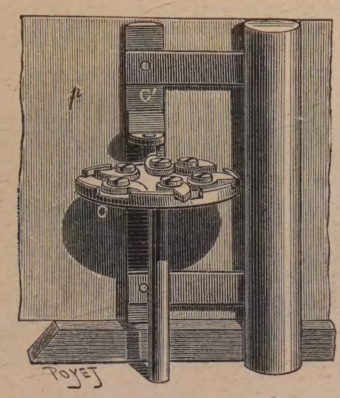


Fig. 16. — Fixateur C' de la figure précédente, représenté seul ici avec ses cames O ; *p* bande pelliculaire que le fixateur comprime contre la paroi de la chambre aux images, chaque fois qu'une dent de la came passe sur le rouleau.

trouve ainsi légèrement étreinte entre cet organe et la platine du rouage. Cette légère pression n'entrave pas la marche de la pellicule, mais celle-ci s'arrêtera soudain si le fixateur est fortement poussé contre la platine. Cet effet est obtenu par une came dont l'action se produit pendant un temps très court, et précisément à l'instant de l'admission de la lumière dans l'instrument. On aura donc une parfaite fixité de la pellicule au moment de chaque pose.

Voici comment est construit le *fixateur :* C'est une portion de cylindre d'acier, évidé dans son centre pour loger un galet cylindrique sur lequel passera une came au moment de l'éclairement. Or, la pression de cette came contre le cylindre fait plier celui-ci à sa partie moyenne, évidée et flexible, mais produit par ses extrémités une forte étreinte de la bande pelliculaire contre la platine de l'appareil.

On peut graduer cette pression et considérer comme bonne celle qui permet de tirer avec un effort de 2 à 3 kilogrammes sur une bande de papier serrée dans le fixateur, sans que cette bande glisse.

La construction des cames présente aussi quelques particularités. Chaque came est d'acier; elle est taillée en forme de virgule et serrée par une vis qui la traverse. La came est mobile et peut tantôt se cacher à l'intérieur du disque qui la porte, tantôt saillir à l'extérieur de ce disque de manière à frotter sur le galet et à faire serrer la bande par le fixateur.

Lame élastique. — La bande pelliculaire, énergiquement entraînée par le *laminoir*, et d'autre part arrêtée, en amont, par le *fixateur*, devrait nécessairement se rompre ou glisser dans le laminoir. Pour éviter ces accidents, on recourt à une disposition qui a pour effet de faire varier la longueur du parcours de la bande entre le laminoir et le fixateur. Cela s'obtient au moyen d'une lame de ressort sur laquelle la pellicule se réfléchit dans son trajet. Ainsi, au moment de la fixation de la bande, le laminoir continue son action et entraîne la pellicule qui cède en faisant plier la lame élastique; puis, quand la fixation est terminée, la détente de la lame tire soudainement la pellicule qui se remet à marcher d'un mouvement uniforme.

Sans entrer dans les détails du rouage qui conduit les pièces que nous venons de décrire, disons que, par construction, le laminoir, la came du fixateur et les disques obturateurs tournent avec la même vitesse; qu'on établit la coïncidence des éclairements avec les fixations de la pellicule, de sorte que ces différents actes soient coordonnés d'une manière automatique.

Nombre, dimensions et intervalles des images. — C'est une manivelle qui actionne le rouage. Un tour de cette manivelle produit cinq tours du disque obturateur et du laminoir; or, comme on peut aisément faire à la main deux tours de la manivelle par seconde, on obtient ainsi dix images.

Cette marche de l'appareil donne des images de grande dimension, dont chacune correspond au périmètre entier du cylindre laminoir, c'est-à-dire à 9 centimètres; or, comme la hauteur de la bande est aussi de 9 centimètres, chaque image a pour dimension 9 centimètres en carré. Mais on peut, dans bien des cas, se contenter d'un champ moins étendu; on obtient alors deux, trois ou six images pour un tour de laminoir, ce qui en porte le nombre à vingt, trente ou soixante par seconde. Il suffit pour cela de changer le nombre des dents de la came du fixateur, et de changer simultanément le nombre des fenêtres des disques obturateurs. Avec deux dents à la came et deux éclairements, on a une image à chaque demi-tour du laminoir: la longueur en est donc de 4 cent. 1/2. Trois arrêts et trois éclairements par tour du laminoir donnent des images de 3 centimètres; six arrêts et six éclairements réduisent les images à 1 cent. 1/2.

Avec un peu d'habitude, on arrive à régler fort bien la marche de la manivelle, ce qui donne, à chaque seconde, un nombre d'images sensiblement constant. Mais, comme cette approximation ne suffirait pas pour les mesures précises que comporte une expérience scientifique, si l'on veut connaître rigoureusement le nombre des images par secondes, on contrôle le nombre des tours du

disque par les procédés ordinaires de la chronophotographie [1].

Quant à la régularité de la marche de l'appareil, elle est assurée par la masse des disques rotatifs qui, tournant avec une grande vitesse, forment un excellent régulateur.

IV. — EXPÉRIENCES.

Lorsqu'on veut prendre une série d'images sur dans des conditions favorables, on presse sur le bouton qui met le laminoir en action ; aussitôt la pellicule passe en recevant les images. Les plus longues pellicules que le commerce fournisse actuellement et qui ont un peu plus de 4 mètres de long, n'emploient pour passer que 4" 2/3. La bobine réceptrice est ensuite retirée de la boîte et conservée jusqu'au moment où elle devra être développée.

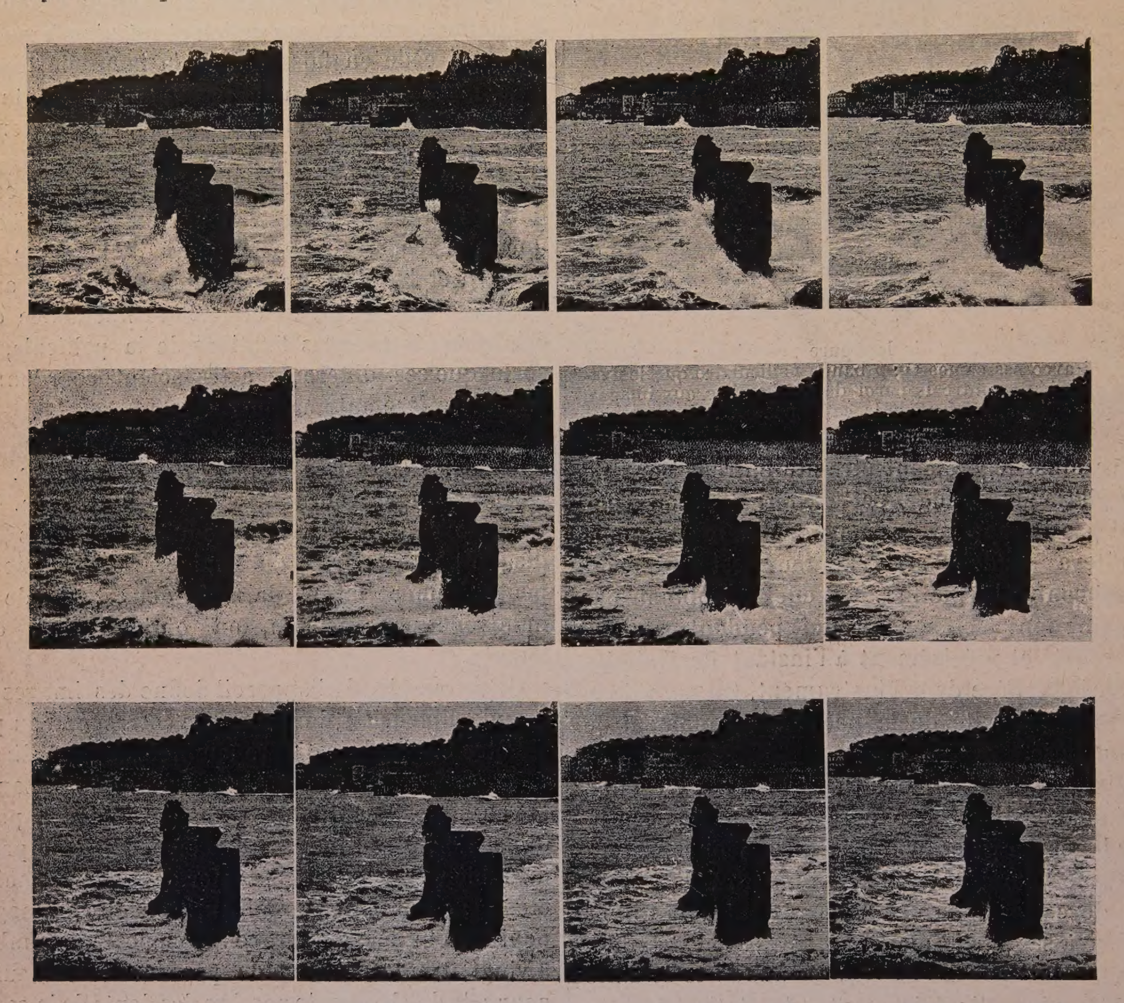


Fig. 17. — Phases successives du mouvement d'une vague qui vient frapper des rochers. Réduction à 2/5.

une bande pelliculaire, on fait d'abord la mise au point sur le verre dépoli situé dans la boîte aux images, et qui, tournant comme un volet sur des gonds, vient se placer au lieu même où passera la pellicule sensible [2]. Puis, après avoir détourné le verre dépoli, on charge l'appareil en y engageant les deux bobines, ainsi qu'on l'a dit tout à l'heure. On ferme alors la boîte aux images et l'on met la manivelle en marche. Quand le rouage a pris la vitesse voulue, si l'objet en expérience se montre

[1] Voir la *Méthode graphique* p. 133.

[2] Pour plus de précision, la mise au point doit se faire à la loupe par un trou situé à la partie postérieure de la boîte, et qui se ferme avec un rideau de métal.

Quelques personnes ont cru que, dans la construction assez compliquée à laquelle nous avons eu recours pour obtenir des arrêts de la pellicule, nous nous étions donné une peine inutile, et l'on a dit qu'avec des éclairements très courts, la translation de la pellicule sensible était négligeable.

Il serait facile de prouver par le calcul que, pendant la durée de l'éclairement, la pellicule progresse d'une quantité suffisante pour enlever aux images la netteté qui en fait toute la valeur. Il est plus simple et plus convainquant peut-être, de montrer par une expérience que, sans les arrêts, on n'obtient pas de bonnes images. Pour cela, réglons l'appareil de manière à avoir deux images par tour

de laminoir : c'est-à-dire, rétrécissons la fenêtre d'admission aux dimensions voulues, et produisons deux coïncidences dans les fenêtres du disque obturateur; mais, au lieu de régler le fixateur pour deux arrêts par tour, ne mettons qu'une seule came en relief. Il arrivera nécessairement que, de deux images successives, l'une se fera sur la pellicule arrêtée, l'autre sur la pellicule en mouvement. Or, après développement de ces images, on constatera, au premier coup d'œil, que celles qui se sont produites pendant les arrêts ont seules des contours parfaitement nets.

V. — DISPOSITIONS DIVERSES DE L'APPAREIL, SUIVANT LA NATURE DU SUJET QU'ON ÉTUDIE.

On vient de voir la disposition de l'appareil pour la chronophotographie sur bande mobile; il reste à indiquer la manière d'appliquer cette méthode suivant la nature du sujet qu'on étudie.

A. *Disposition à donner aux images sur la bande pelliculaire.* — Quand le chronophotographe fonctionne dans sa position normale, c'est-à-dire repose sur son chariot, il donne des images qui se suivent en série horizontale de gauche à droite. La figure 17 montre 12 de ces images, dans lesquelles on peut suivre les phases du mouvement d'une vague qui vient frapper des rochers : la vague monte d'abord et couvre ces rochers d'écume, puis se retire et l'agitation de la mer se calme peu à peu [1].

Pour étudier les phénomènes de ce genre, la meilleure manière de rendre le mouvement sensible, c'est de le reproduire synthétiquement au moyen du *zootrope*.

Tout le monde connaît la belle invention de Plateau qui, plaçant à la circonférence d'un disque de carton une série d'images représentant les phases successives d'un mouvement, reproduisait, pour l'œil, l'apparence de ce mouvement, en faisant tourner le disque en face d'un miroir dans lequel on regardait les images à travers de petites fentes percées à la circonférence du carton. Plateau donna le nom de *Phénakisticope* à cet instrument, qui resta longtemps à l'état de jouet scientifique. Depuis quelques années, on a donné au phénakisticope des dispositions nouvelles qui en rendent l'emploi plus commode : celle qui est connue sous le nom de *zootrope* se prête fort bien à l'étude des mouvements obtenus sur bandes pelliculaires. La bande de papier sensible qui a reçu les images positives se place à l'intérieur d'un cylindre creux et porte à sa circonférence les fentes par lesquelles l'œil voit se succéder les images pendant que le cylindre tourne sur son axe.

On sait qu'il suffit d'une dizaine d'images successives par seconde pour que l'œil éprouve la sensation d'un mouvement continu. Or, comme la chronophotographie peut donner à chaque seconde 40 à 60 images, en faisant tourner une telle bande dans le zootrope, à raison de 10 images par seconde, on obtient la sensation du mouvement ralenti de quatre à six fois, et par conséquent, bien plus facile à suivre dans toutes ses phases. Cette méthode nous a servi, il y a quelques années, pour l'analyse des mouvements du vol des Oiseaux [1].



Fig. 18. — Série des phases de l'allure d'un cheval au pas; les images se succèdent de bas en haut.

Pour l'analyse délicate d'un mouvement ; cette méthode n'est cependant pas suffisante ; elle comporte encore les incertitudes inséparables des sensations subjectives; elle est donc très inférieure à la chronophotographie sur plaque fixe qui livre directement (fig. 1 et 7) l'épure géométrique du mouvement étudié. Or, il est possible de ramener la seconde forme de chronophotographie à

[1] On ne peut suivre qu'une courte partie du phénomène dans le petit nombre de phases représentées dans la figure ci-contre; encore a-t-il fallu les réduire beaucoup pour les faire tenir dans la justification de la page. Dans leurs dimensions réelles, c'est-à-dire sous forme de carrés de 9 centimètres de côté, ces images étaient d'une pureté parfaite et pouvaient même supporter un agrandissement de 4 diamètres sans perdre sensiblement de leur netteté.

[1] Voir Marey, le *Vol des Oiseaux*. Paris, G. Masson, 1889.

la première, c'est-à-dire de reporter sur une même surface les images obtenues sur des surfaces différentes. On y arrive, dans certains cas, par la superposition de clichés transparents, d'autres fois par une série de décalques successifs, ou même par une série d'opérations du genre de celles que F. Galton a nommées *photographies composites*.

Dans un grand nombre de cas, il suffit, pour rendre les phases du mouvement parfaitement intelligibles, de disposer les images en série verticale. C'est ce qui a été fait, figure 18, pour les mouvements du cheval au pas.

Lues de bas en haut, c'est-à-dire dans leur ordre de succession naturel, ces figures montrent d'abord que le cheval s'avance graduellement vers la droite de la figure, et permettent, d'après l'échelle métrique, d'apprécier la valeur de ce déplacement pendant chaque dixième de seconde. Elles montrent aussi, pour chaque membre, les phases de son changement d'attitude, soit dans la période d'appui, soit dans celle de lever.

Pour obtenir sur la bande pelliculaire cette disposition des images en série verticale, il suffit de coucher l'appareil sur le côté ; le déroulement de la bande pelliculaire et son passage d'une bobine sur l'autre se font alors dans le sens vertical.

B. *Fréquence des images.* — Suivant la vitesse du mouvement qu'on veut analyser, on doit faire varier la fréquence des images; il en faut en général une dizaine au moins pendant la durée d'un acte complet pour en faire saisir les phases. Ainsi, pour analyser le coup d'aile d'un oiseau, si cet acte dure 1/5 de seconde, les éclairements et par conséquent les images doivent se suivre à raison de 40 par seconde. Le pas d'un homme, qui est bien plus lent, n'exige qu'une dizaine d'images par seconde. Pour d'autres actes plus lents encore, il faut mettre un plus grand intervalle. Ainsi, une astérie placée à la renverse au fond d'un aquarium met environ 10 minutes à se retourner; pour suivre les phases du mouvement, il suffit de prendre une image toutes les minutes. Enfin, l'épanouissement d'une fleur, s'il met 10 heures à se produire, permet de laisser 24 minutes d'intervalle entre deux images successives.

La manivelle placée à l'arrière de l'appareil imprime au rouage moteur un mouvement très rapide ; il serait difficile de la tourner assez lentement pour réduire la fréquence des images au-dessous d'une par seconde ; aussi procède-t-on autrement quand on doit mettre un long intervalle entre les éclairements successifs.

L'axe des disques obturateurs se prolonge en avant de l'appareil sous forme d'un carré sur lequel s'adapte la manivelle. Celle-ci, à chacun de ses tours, ne produit plus alors qu'un seul tour du disque ; il est donc très facile de réduire à volonté la fréquence des images, en faisant faire à la manivelle un tour toutes les secondes, toutes les minutes ou toutes les heures.

Dans les cas où les images doivent être prises à de très longs intervalles, au lieu de tourner la manivelle à la main, il vaut mieux confier ce rôle à un rouage auxiliaire qui s'en acquitte parfaitement.

C. *Durée des éclairements.* — La durée des éclairements présente un rapport naturel avec la fréquence des images ; cela résulte de la construction même de l'obturateur. En effet, si le grand disque a un mètre de circonférence, et les fenêtres éclairantes 1 centimètre de diamètre, la coïncidence des fenêtres produira l'éclairement pendant 1/200 environ du tour de disque [1]. Or, à mesure que le disque tournera plus rapidement, cette durée absolue de l'éclairement deviendra plus courte : avec un tour de disque par seconde on aura une image avec pose de 1/200 de seconde ; avec deux tours, deux images avec pose de 1/400 de seconde ; avec dix tours, dix images avec pose de 1/2000 de seconde.

Cette relation naturelle entre la fréquence des images et la durée du temps de pose est en général avantageuse; mais il est parfois utile de changer ce rapport, dans l'intérêt même des épreuves photographiques; sans cela elles pourraient avoir des temps de pose trop longs ou insuffisants [2] ; on y arrive en modifiant la largeur des fenêtres.

D. *Choix des objectifs suivant la nature du sujet qu'on étudie.* — Dans tout appareil photographique, on doit changer d'objectif suivant les dimensions et la distance du sujet dont on prend l'image. Cette né-

[1] Ces évaluations sont approximatives ; il serait bien difficile de les faire plus exactes, ainsi que l'a montré M. de La Baume-Pluvinel.

[2] Ainsi, dans le cas où l'intervalle des images serait de 24 minutes, si les disques obturateurs tournaient uniformément, la durée de la pose serait de plus de 7 secondes. Il faut alors laisser le rouage arrêté dans l'intervalle des poses, et tourner vivement la manivelle quand on veut produire une image.

A vitesse de rotation égale du disque, la fréquence des images croît et décroît suivant qu'on augmente ou diminue le nombre des fenêtres de l'obturateur ; et si ces fenêtres conservent le même diamètre, la durée d'éclairement ne change pas.

Enfin, à égale vitesse de rotation et à fréquence égale des images, on change la durée des éclairements en faisant varier le diamètre des fenêtres. C'est ainsi que pour les mouvements extrêmement rapides comme ceux des ailes des insectes, on doit, au moyen d'un *rideau-fenêtré*, transformer les ouvertures des disques en fentes étroites. Nous avons pu, de cette façon, réduire le temps de pose à 1/25000 de seconde.

cessité est plus grande encore avec le chronophotographe, car cet instrument s'applique aux études les plus diverses. Tous les objectifs dont on se sert doivent être montés sur une boîte analogue à celle qui est représentée figure 9 et qui permet de les couper à leur partie moyenne pour laisser passer les disques obturateurs au centre même de l'objectif.

Toutefois, une disposition spéciale doit être employée quand la chronophotographie s'applique à l'étude des mouvements dans le champ du microscope. Nous en parlerons ultérieurement à propos des applications spéciales de la méthode.

Dans toutes les circonstances, et quel que soit l'objectif employé, la chronophotographie peut être pratiquée sous ses deux formes, c'est-à-dire sur plaque fixe devant un champ obscur, et sur pellicule mobile s'il s'agit d'objets se détachant sur un fond lumineux.

Applications

En définissant la chronophotographie, nous l'avons représentée comme le développement le plus complet de la Méthode graphique et comme un précieux moyen pour étudier les phénomènes de la Nature. Tout phénomène, en effet, consiste en une série de changements d'état d'un corps sous l'influence de conditions déterminées; étudier un phénomène, c'est observer successivement la série de ces changements et les comparer entre eux. Est-il besoin de dire que l'insuffisance de nos sens ou l'imperfection de notre mémoire rendent bien souvent ces comparaisons défectueuses, sinon impossibles?

Les appareils inscripteurs ont en partie remédié aux difficultés de l'observation directe, mais ils ne sont applicables qu'à des cas relativement simples : les phénomènes qu'ils traduisent doivent avoir été préalablement ramenés au cas uniforme du mouvement d'un point sur une droite.

C'est ainsi que les oscillations de la colonne du thermomètre ou du baromètre s'inscrivent sous forme d'une courbe sinueuse qui retrace les changements de hauteur de cette colonne, en fonction du temps.

La chronophotographie embrasse un champ bien plus vaste : elle ne traduit pas seulement les mouvements d'un point sur une droite, mais les déplacements de tous les points d'un objet, ou du moins de tous ceux qui seraient visibles d'un même point de vue; elle saisit ces mouvements, quel que soit le sens suivant lequel ils s'effectuent.

Comme les autres formes de la méthode graphique, la chronophotographie suit les phases de phénomènes qui échappent à l'observation par leur lenteur extrême, aussi bien que les actes qui sont très rapides; mais où sa supériorité éclate, c'est lorsqu'elle s'applique à des mouvements d'une extrême complexité.

Notre méthode, il est vrai, ne donne pas l'expression continue des changements qu'elle retrace, mais les images qu'elle saisit peuvent être si rapprochées les unes des autres qu'on peut toujours, par une interpolation légitime, concevoir les phases intermédiaires à celles qui sont représentées.

Ce qui frappe au premier abord, dans les applications de la chronophotographie, c'est sa puissance pour l'analyse des actes rapides. Lorsqu'on voit que les ailes d'un insecte qui vole sont aussi nettement représentées que si elles étaient immobiles, et quand on sait que, pour obtenir cette netteté des images, il faut réduire la durée de chaque pose à 1/25000 de seconde, on conçoit que, parmi les actes les plus rapides, il doive s'en trouver bien peu qui résistent à la chronophotographie.

On se représente beaucoup moins bien les avantages de cette méthode pour l'analyse des mouvements lents, et pourtant il doit y avoir tout un monde de phénomènes qui nous échappent par leur lenteur. Il est permis d'espérer que nous suivrons un jour, sur des images prises à de très longs intervalles, les déplacements lents des glaciers ou les changements de la configuration géologique d'un pays; à plus forte raison les phases beaucoup moins lentes de l'accroissement d'un animal, ou celles du développement de certains embryons observés à travers leurs membranes transparentes. Sur ce sujet le professeur Mach a tracé un curieux programme d'expériences. Il imagine qu'on ait recueilli, à des intervalles de temps égaux et pendant une longue suite d'années, les portraits d'un individu, à partir de sa première enfance jusqu'à son extrême vieillesse, et qu'on dispose la série d'images ainsi obtenues dans le phénakisticope de Plateau; pendant la durée de quelques secondes, cette série de changements, qui ont mis en réalité si longtemps à s'accomplir, passera sous les yeux de l'observateur; et celui-ci verra, sous forme d'un mouvement étrange et merveilleux, se dérouler à ses yeux toutes les phases d'une existence humaine.

Mais revenons aux applications immédiates de la chronophotographie, et voyons-la aux prises avec les problèmes habituels des sciences: ce sera un champ assez vaste; nous ne pourrons guère que l'effleurer rapidement en commençant par les différents types de la locomotion animale.

VI. — LOCOMOTION TERRESTRE : MOUVEMENTS DE L'HOMME ET DES QUADRUPÈDES.

1° *Mouvements de l'homme.* — Dès le XVIIe siècle, Borelli a montré aux physiologistes que les lois de la mécanique, récemment découvertes par Galilée,

s'appliquaient aux êtres vivants; son analyse des mouvements des animaux est empreinte d'une haute sagacité. Toutefois, l'absence de moyens exacts pour mesurer le temps, l'espace et les forces, n'a pas permis au savant professeur de Naples de résoudre les problèmes si multiples de la Mécanique animale. Au commencement de notre siècle, les frères Weber, disposant d'instruments moins imparfaits, ont donné sur la locomotion de l'homme quelques notions plus exactes; mais si l'on considère la complexité du sujet, on sent l'insuffisance des moyens d'analyse employés jusqu'ici. La chronophotographie traduit de la façon la plus précise, et dans tous leurs détails, les mouvements de l'homme qui marche, court, saute ou se livre à divers exercices corporels.

A. *Cinématique de la locomotion de l'homme.* — Reportons-nous aux figures qui représentent sur plaques fixes les images successives d'un marcheur et celles d'un coureur. On peut suivre sur ces figures les principales phases des mouvements; elles expriment, mieux que tout langage, les caractères propres à chaque allure. Aussi, en se guidant sur de pareilles images, est-il facile d'imiter la manière de marcher et de courir du sujet qui a servi de modèle, de reproduire sa façon d'étendre ou de fléchir les jambes, de balancer les bras, de poser le pied sur le sol ou de l'en détacher. Il serait bien plus difficile d'imiter ces mêmes actes en cherchant à les saisir sur le modèle lui-même, car, surtout aux allures vives, les mouvements sont trop rapides et échappent à l'observation.



Fig. 19. — Phases successives d'un saut en longueur. Chronophotographie sur plaque fixe.

Cet enseignement par les images s'appliquerait très bien aux différents exercices corporels; à ce point de vue il serait d'une véritable utilité.

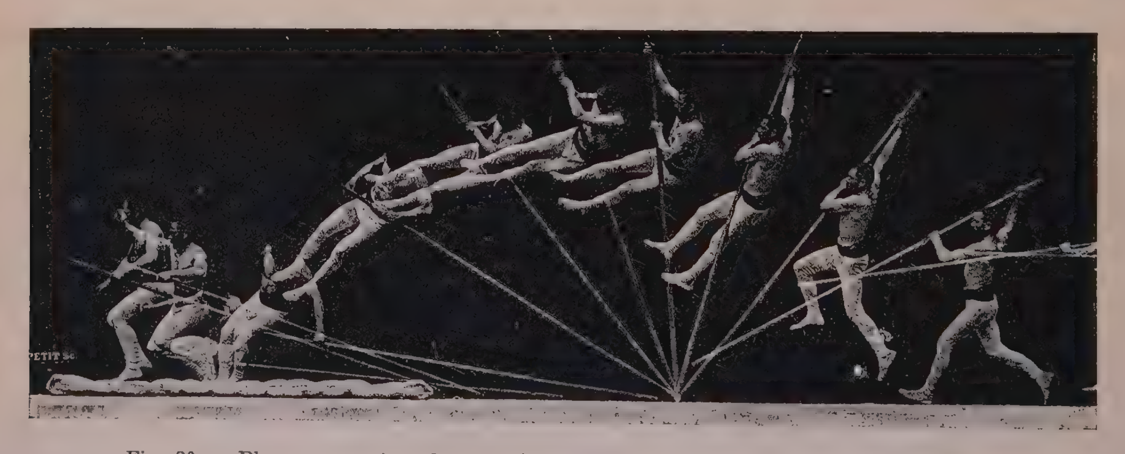


Fig. 20. — Phases successives d'un saut à la perche. Chronophotographie sur plaque fixe.

La figure 19 représente un gymnaste qui exécute un saut en longueur; le nombre des images n'est que de cinq par seconde; cela suffit pour définir la série des actes qui doivent s'accomplir dans un saut de ce genre.

En suivant les images dans leur ordre de succession, on voit que le sauteur acquiert par une course préalable la vitesse qui lui fera franchir un long espace pendant sa période de suspension.

Au moment du saut, la jambe à l'appui s'étend

vigoureusement et imprime au corps une impulsion verticale; en même temps les bras s'élèvent, ce qui donne un surcroît d'énergie à l'effort impulsif. Les images successives montrent le sauteur détaché du sol, les bras levés d'abord et les jambes écartées; plus tard les bras s'abaissent et les jambes se rassemblent en se portant de plus en plus en avant, de sorte que les pieds rencontrent le sol par les talons, en avant du centre de gravité du corps, de manière à prévenir une chute sur la face. Enfin, au moment de la chute, les jambes se fléchissent en résistant, pour amortir la force vive dont le corps est animé.

Suivant que cette série d'actes est plus ou moins bien exécutée, l'espace franchi est plus ou moins étendu, et le sauteur retombe plus ou moins bien sur le sol. S'il a mal calculé sa vitesse et s'il n'a pas assez porté les pieds en avant au moment de la chute, il ne pourra rester sur place, mais devra courir pendant quelques pas, jusqu'à ce que cette vitesse soit éteinte.

Pour le saut à la perche, fig. 20, il n'est pas moins facile d'en suivre les phases successives. Le coureur fiche en terre l'extrémité de sa perche, en même temps qu'il s'enlève du sol par une vigoureuse extension de la jambe. L'action combinée de cette impulsion verticale et de la vitesse horizontale fait que le corps décrit un arc de cercle dont la perche est le rayon. En continuant à suivre cette courbe, le corps retomberait au delà du centre du mouvement, à une distance égale à celle du point de départ ; mais un artifice intervient qui permet à un bon sauteur d'augmenter beaucoup l'espace qu'il franchit. Cela consiste d'abord à allonger le rayon du cercle parcouru, en grimpant vers le haut de la perche au moment où elle passe par la verticale, puis à incliner le corps dans une direction presque horizontale, c'est-à-dire normale au rayon du cercle parcouru. Le sauteur retombe ainsi naturellement sur les pieds à une distance beaucoup plus grande que celle d'où il était parti.

Ainsi, dans le saut à la perche, l'impulsion initiale n'est pas, comme dans le saut en longueur, la force unique d'où dépend l'étendue du saut, mais cette distance peut être accrue par les actes que le sauteur exécute, en prenant son point d'appui sur la perche, pendant qu'il est en l'air.

Pour une étude plus détaillée des mouvements exécutés dans un exercice corporel, il faudrait recourir à ces photographies partielles dont nous avons déjà donné un exemple à propos de la marche de l'homme. Ainsi, un homme revêtu de velours noir et portant sur les bras et les jambes des lignes brillantes, donne la fig. 21, pour un saut en hauteur précédé d'une course. Ici toutes les phases du mouvement s'échelonnent sans transition brusque, à cause du grand nombre d'images (25 par seconde) prises pendant la durée du saut.

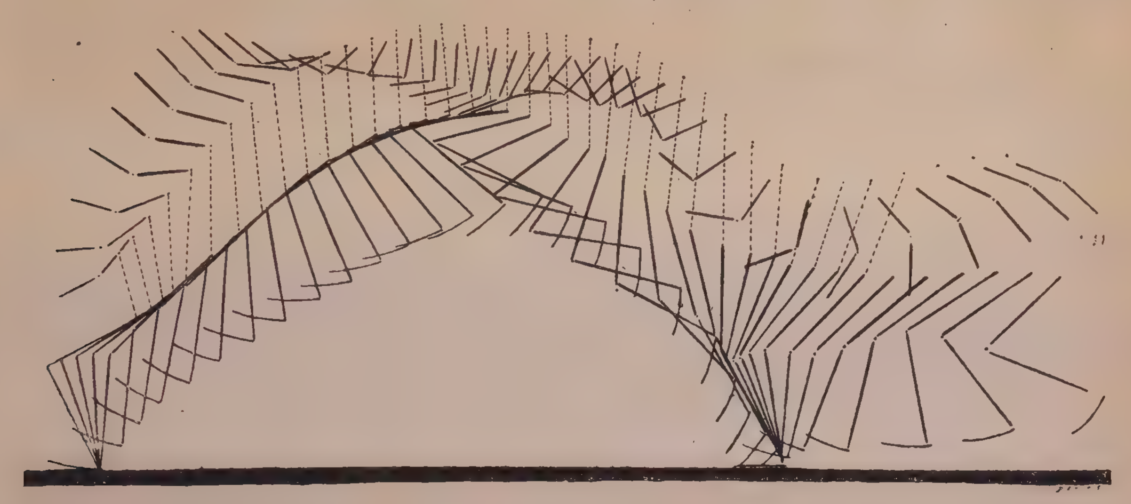


Fig. 21. — Analyse des phases d'un saut en hauteur, précédé d'une course. Des images partielles, lignes brillantes sur un vêtement sombre, sont recueillies sur plaque fixe (25 images par seconde).

Afin de rendre plus instructives les chronophotographies du mouvement, il faudrait que ces images fussent prises sur les sujets les plus forts et les plus habiles, sur les lauréats des concours de gymnastique par exemple. Ces sujets d'élite livreraient ainsi le secret de leur habileté inconsciemment acquise et qu'ils seraient sans doute incapables de définir eux-mêmes.

La même méthode se prêterait également bien à l'enseignement des mouvements qu'on doit exécuter dans les différents travaux professionnels ; ils feraient voir en quoi le coup de marteau d'un forgeron habile diffère de celui d'un apprenti. Il en serait ainsi pour tous les actes manuels, pour tous les genres de sport. Ainsi, sur des séries de figures recueillies sur bandes pelliculaires en mouvement,

on suit très bien la série des mouvements d'un homme qui monte sur son vélocipède ou qui en descend. Recueillies sous cette dernière forme, les images chronophotographiques peuvent être examinées avec le zootrope, ce qui en rend l'étude encore plus facile et plus précise.

B. *Etude dynamique des mouvements de l'homme.* — Sur la plupart des figures que nous venons de passer en revue, les variations de vitesse du corps se traduisent par des différences d'espace parcouru entre deux images consécutives, c'est-à-dire dans des temps égaux ; on peut donc apprécier les accélérations et les ralentissements de la masse du corps. Or, comme la balance nous fait connaître cette masse, les chronophotographies sur plaque fixe renferment les éléments nécessaires pour apprécier les forces mises en jeu dans la locomotion de l'homme, puisque ces forces sont proportionnelles aux masses en mouvement et aux accélérations qu'elles leur impriment. Mais, en pratique, il est assez délicat de déterminer la position de la masse, c'est-à-dire du centre de gravité du corps, aux différentes phases d'un mouvement; en revanche il est possible, dans certains cas, d'obtenir une détermination expérimentale des forces mises en jeu. Cela s'obtient en combinant les indications d'un dynamomètre inscripteur avec celles de la chronophotographie. L'exemple suivant fera saisir cette combinaison.

Supposons que nous désirions connaître la force avec laquelle le pied presse le sol aux différents instants de sa période d'appui : nous recueillons en même temps les photographies partielles de la jambe pendant un demi pas (fig. 22) et d'autre part

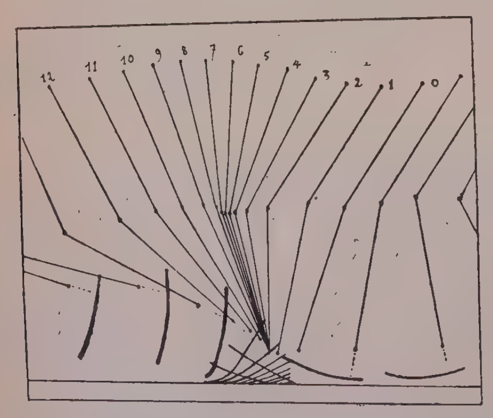


Fig. 22. — Chronophotographie partielle des mouvements du membre inférieur de l'homme dans la marche.

le tracé du dynamomètre enregistreur de la pression du pied (fig. 23).

Il s'agit, pour résoudre le problème que nous venons de nous poser, d'établir les coïncidences entre chacune des images chronophotographiques et l'ordonnée qui lui correspondrait dans la courbe du dynamographe. A cet effet, comptons sur la figure 22 combien d'images correspondent à la période d'appui du pied ; nous en trouvons 12. Il est clair que le tracé dynamographique, pris dans toute sa longueur, correspond à la durée des douze attitudes de la jambe à l'appui ; si donc nous divisons l'abscisse de cette courbe en douze parties égales et si nous traçons les ordonnées correspondant à ces douze divisions, chacune d'elles exprimera l'effort vertical exercé contre le sol pendant l'attitude correspondante de la jambe à l'appui. Des numéros d'ordre tracés sur chacune des deux figures en facilitent la comparaison.

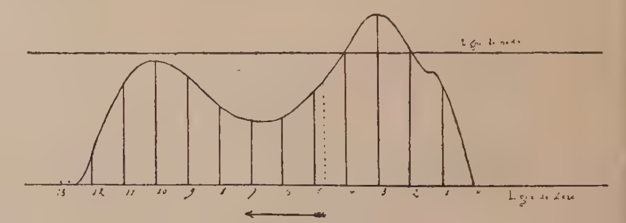


Fig. 23. — Tracé du dynamographe exprimant les phases de la pression du pied sur le sol dans la marche.

Nous n'entrerons pas dans le détail des différents problèmes de Mécanique animale qu'on peut résoudre ainsi. Nous avons fait sur ce sujet de nombreuses expériences avec le concours de M. Demeny, notre préparateur à la Station physiologique [1].

2° *Locomotion des quadrupèdes.* — De tous les animaux quadrupèdes, c'est le cheval qui est le mieux connu au point de vue de la locomotion. Depuis longtemps des hommes spéciaux se sont appliqués à étudier ses allures, franches ou défectueuses, et à définir les caractères de chacune d'elles; ils ont ainsi acquis une habileté surprenante dans l'obser-

[1] Cet établissement, créé au Parc des Princes, grâce au concours de l'Etat et du Conseil municipal de la Ville de Paris, se prête à ce genre d'études qu'on ne saurait réaliser dans les laboratoires ordinaires. C'est un champ d'expériences comme il n'en existe encore nulle part : on y trouve une longue piste circulaire, parfaitement horizontale, de 500 mètres de circuit, sur laquelle l'homme et les grands animaux peuvent être étudiés dans leurs allures normales. Un champ obscur, de 11 mètres de largeur sur 4 de hauteur, permet d'appliquer la chronophotographie sur plaque fixe à l'analyse de mouvements très étendus. Un champ uniformément éclairé et de pareille surface se prête à la chronophotographie sur pellicule mobile; des dynamomètres inscripteurs, des spiromètres, des compteurs de pas, des appareils divers pour la mensuration des sujets en expérience sont destinés aux études sur la locomotion de l'homme. D'autre part, des pneumographes, sphygmographes et cardiographes permettent de saisir les effets des exercices physiques sur les fonctions de la vie organique et de suivre pas à pas les progrès de l'entraînement des sujets. Enfin, des espaces spéciaux, servent à élever en liberté les différentes espèces d'animaux dont on veut étudier la locomotion, normale ou modifiée.

vation. Mais, si précis que soit le coup d'œil d'un homme exercé, il est encore insuffisant : nous n'en voulons pour preuve que les incertitudes et les divergences d'opinion des différents auteurs sur les caractères et le mécanisme des allures de cheval. Nous croyons avoir rendu à cet égard un service en appliquant à l'analyse des allures du cheval et au mécanisme des transitions d'une allure à une autre, la chronographie [1] d'abord, qui traduit avec une grande précision la succession des appuis et levés des pieds à toute allure. Mais c'est surtout la chronophotographie [2] qui a donné la connaissance complète des allures du cheval, déjà bien éclairées par les mémorables expériences de M. Muybridge.

Et pourtant il reste encore bien des points à élucider relativement au mécanisme des actions du cheval, ainsi que des réactions qu'elles impriment à la masse du corps et à celle de son cavalier ; enfin à la mesure des efforts exercés sur le sol aux différents instants. Ici interviendra la chronophotographie sur plaque fixe combinée à l'emploi des dynamomètres inscripteurs.

On vient de voir (fig. 22 et 23), à propos de la locomotion humaine, les précieux renseignements que donne la combinaison de ces deux méthodes pour étudier cette fonction au point de vue dynamique. On arrivera sans doute à déterminer la manière dont les forces du cheval doivent être appliquées pour produire le maximum d'effet utile, ce qui est le but pratique de ce genre d'études.

3° *Locomotion comparée chez les différents mammifères.* — On sait que l'homme et les autres mammifères présentent entre eux des analogies manifestes au point de vue de leur conformation générale. Les membres inférieurs de l'homme correspondent aux membres postérieurs des quadrupèdes, et dans toute la série des mammifères on peut reconnaître dans ces membres des pièces homologues, osseuses ou musculaires, qui ne diffèrent, d'une espèce à l'autre, que par leurs proportions relatives, leur développement inégal, la fusion, l'atrophie ou la déformation de certaines d'entre elles.

Or, si l'anatomie comparée signale, dans la conformation des diverses espèces d'animaux, ces analogies et ces différences de structure, c'est la physiologie comparée qui devra les expliquer.

La chronophotographie montre clairement comment se comportent, dans la marche, les différents segments des membres homologues de divers animaux. Les figures 24, 25, 26, chronophotographies partielles sur plaques fixes, représentent, réduits à peu près à la même échelle, les déplacements des divers segments du membre postérieur pendant un demi-pas de marche, chez l'Homme, l'Éléphant et le Cheval. Elle montre qu'un même rayon osseux a des mouvements différents chez deux espèces différentes, c'est-à-dire qu'il prend une part inégale aux flexions et extensions alternatives du membre. On conçoit alors pourquoi les muscles chargés de mouvoir ces rayons osseux présentent chez les divers animaux des différences de longueur et de volume en rapport avec les mouvements qu'ils produisent. C'est en analysant de cette manière les types de locomotion propres à un très grand nombre d'espèces animales qu'on aura les éléments nécessaires pour saisir les rapports qui existent entre la forme des

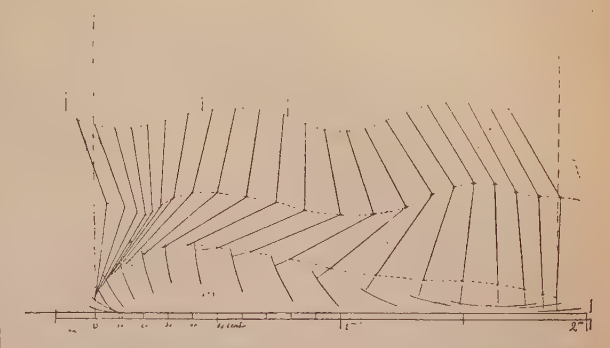


Fig. 24. — Mouvements des divers rayons du membre inférieur de l'homme dans un pas de marche.

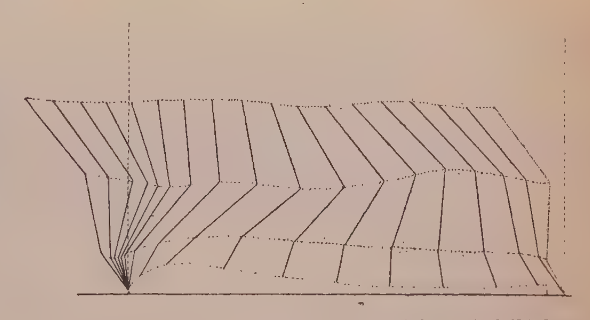


Fig. 25. — Mouvement du membre postérieur de l'éléphant.

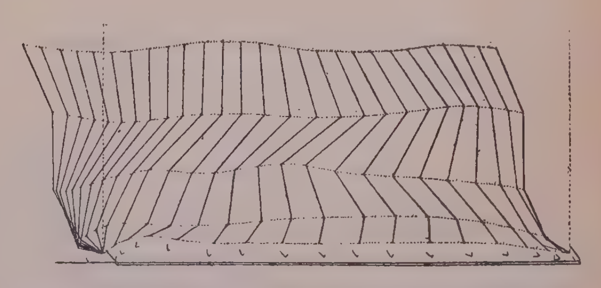


Fig. 26. — Mouvement du membre postérieur du cheval.

[1] *Les allures du cheval étudiées par la Méthode graphique.* C. R. de l'Acad. des sciences. 4 nov. 1872.
[2] *Analyse cinématique des allures du cheval.* Marey et Pagès C. R. 12 sept. 1885. — Ibid. 27 sept. 1888.

organes et les caractères de la fonction qu'ils accomplissent[1].

Et si l'on revient alors à l'étude de l'homme, combien plus clairement n'apparaîtra pas la signification des particularités individuelles dans la conformation du corps !

Les variétés dans la longueur des rayons osseux des membres ou dans le développement de certains muscles, qui s'accentuent si fortement quand on compare entre elles différentes races d'hommes, rapprochent chaque type humain de quelque espèce animale qui présente à un haut degré des caractères analogues. Si, par exemple, par le développement des gastrocnémiens ou par celui des muscles extenseurs de la cuisse, un homme se rapproche des animaux sauteurs, on en pourra conclure, avec quelque vraisemblance, qu'il présente pour le saut des aptitudes spéciales, et ainsi du reste.

Ici encore s'ouvre un vaste champ à explorer; nous y convions les zoologistes qui pensent que la comparaison des êtres vivants, au point de vue morphologique, doit s'éclairer par celle de leurs aptitudes fonctionnelles.

VII. — APPLICATION AUX BEAUX-ARTS

Dans les arts, le document photographique a déjà rendu des services réels : certains maîtres l'acceptent ouvertement; beaucoup d'artistes l'utilisent, ainsi qu'on peut s'en assurer en comparant les œuvres les plus récentes à celles qui datent de quelques années à peine. C'est la photographie instantanée surtout qui a exercé une influence sensible sur les arts, en permettant de fixer en une image authentique les attitudes de l'homme ou des animaux dans leurs mouvements les plus rapides.

Nous ne sommes pas qualifié pour parler ici d'esthétique, encore moins pour discuter la question de savoir si l'art a le droit de représenter les actions violentes, ou s'il doit se restreindre aux attitudes paisibles dont les caractères et les expressions sont plus faciles à saisir sur le modèle vivant.

Mais, si l'on s'en tient aux faits, il est incontestable que, dans l'antiquité aussi bien que de nos jours, les artistes ont maintes fois représenté le mouvement, même dans ses actions les plus rapides, telles que la course et le combat. Or, si l'on compare les œuvres les plus anciennes à celles d'époques plus récentes, on est frappé de cette différence, que chez les modernes les attitudes sont plus calmes, plus équilibrées, pour ainsi dire, tandis que dans l'art antique, les figures sont parfois franchement hors d'aplomb. La figure 27 empruntée à l'art grec présente nettement ce caractère.

Chacun a gardé le souvenir de quelque œuvre moderne représentant un sujet analogue. En sculpture surtout, les coureurs sont tout autrement représentés : la jambe qui soutient le corps s'y voit ordinairement verticalement étendue au-dessous du centre de gravité du corps.

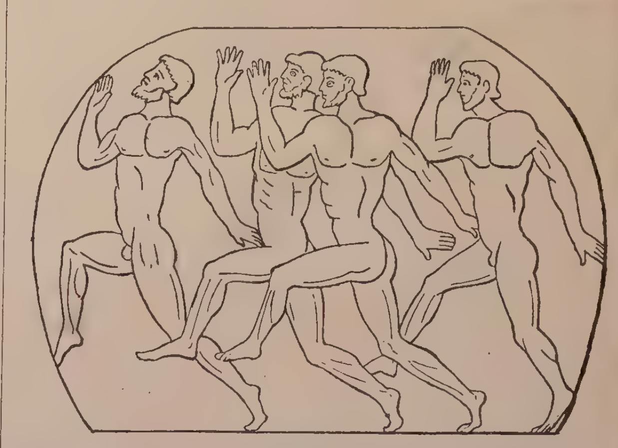


Fig. 27. — Ocydromes ou coureurs de vitesse : décoration d'un vase panathénaïque.

Entre ces deux manières de représenter le même acte, la course, il ne saurait être interdit de prendre pour arbitre la Nature elle-même et de demander à la photographie instantanée de montrer les vrais attitudes d'un coureur.



Fig. 28. — Photographie instantanée d'un coureur; la position des jambes est la même que sur la dernière image à gauche de la figure précédente.

La réponse n'est pas douteuse : la figure 28, par exemple, montre qu'un homme qui court offre, à

[1] Voir Marey. *Recherches expérimentales sur la morphologie des muscles.* C. R. 12 Sept. 1887.

certains moments, l'aspect représenté dans les plus anciennes peintures [1].

On pourrait démontrer que le coureur ne se présente jamais dans la position adoptée par certains artistes modernes qui semblent avoir oublié que le caractère de la course, et celui de la marche elle-même est une perpétuelle instabilité.

Nous ne nous arrêterons pas sur ces réflexions. En critiquant sur des points de détail des œuvres qui d'ailleurs ont une valeur réelle, nous craindrions l'avertissement :

Ne sutor ultra crepidam.

Faisons remarquer seulement que, dans l'infinie variété des attitudes que montre la chronophotographie suivant les phases d'un mouvement, il en est certainement plusieurs que les artistes pourraient accepter sans enfreindre les lois de l'esthétique; cela donnerait à la représentation de ces mouvements une variété intéressante (fig. 29.). Ils trouveraient aussi dans ces images l'expression fidèle de l'action des muscles dont les reliefs variables, visibles sous la peau, traduisent les contractions et les relâchements. Or, ces deux états opposés des muscles sont liés par des rapports nécessaires avec chaque phase du mouvement qu'ils produisent.

Ces reliefs des muscles en action ont pour ainsi dire une physionomie propre, une expression pareille à celle que nous savons reconnaître sur les muscles d'un visage. Et si les données les plus subtiles de la physiologie pouvaient trouver leurs applications dans l'art, on pourrait dire que le *modelé* d'un membre ne traduit pas seulement l'acte qui s'exécute, mais permet jusqu'à un certain point, de prévoir les actes qui vont suivre. D'intéressantes observations de M. Demeny sur les images chronophotographiques montrent que l'extension d'un bras qui frappe, si elle doit s'achever complètement, s'accompagne du relâchement complet des muscles fléchisseurs; ces muscles au contraire entrent en jeu pendant l'extension même, si ce mouvement doit être borné : si, par exemple, l'homme qui frappe veut retenir tout à l'heure le coup qu'il porte actuellement.

Fig. 29. — Exemple du modèle obtenu sur épreuve chronophotographique.

En prenant d'un lieu élevé les images chronophotographiques d'un homme en mouvement (fig. 30), on a la projection, sur un plan horizontal, de tous les contours de son corps. Ce document, de même que ceux que fourniraient des images analogues prises sous différents angles, serait sans doute fort utile aux statuaires [1].

Enfin, les mouvements du visage étudiés par la chronophotographie présentent un grand intérêt, car on en peut saisir les nuances les plus délicates. Dans une série d'images recueillies sur pellicule mobile, on peut suivre, par exemple, toutes les nuances qui établissent la transition entre un sourire à peine perceptible et l'éclat de rire le plus franc.

De récentes expériences de M. Demeny montrent même que les actes de la parole sont traduits si fidèlement, que des sourds-muets, habitués par des

[1] Le groupe représenté sur le vase grec présente toutefois quelque chose de fort singulier dans les allures des coureurs. On sait que, dans toutes ses allures, l'homme déplace en sens inverse le bras et la jambe du même côté ; les mouvements du bras et de la jambe correspondants sont, comme on dit, associés diagonalement. Or, sur le vase dont nous reproduisons les figures, on voit partout que le bras et la jambe du même côté se meuvent dans le même sens; cette allure, qui rappelle celle de l'amble des quadrupèdes, était-elle vraiment pratiquée dans les courses du stade? Est-elle due à une erreur de l'artisan qui a décoré le vase? Nous ne saurions trancher cette question. Cette manière de courir s'éloigne entièrement de nos habitudes modernes; elle ne semble toutefois pas impossible au point de vue physiologique. Le sujet mérite d'être étudié.

[1] Depuis longtemps déjà, on a proposé sous le nom de photosculpture un procédé pour reproduire mécaniquement les formes générales d'un individu. On place le sujet au centre d'un cercle sur la circonférence duquel une série d'appareils photographiques sont disposés. Chacun de ces appareils prend, au même moment, une image du sujet qui se trouve ainsi représenté sous des angles différents. Chacune de ces images, agrandie à l'échelle convenable et appliquée sur une lame de métal, est ensuite transformée en un sorte de gabarrit. En faisant passer la matière plastique successivement par chacun de ces gabarrits présenté sous l'angle qui lui correspond, on obtient une maquette extrêmement précise au point de vue de l'attitude et à laquelle la sculpture donnera le modelé définitif.

exercices spéciaux à lire sur les lèvres les paroles prononcées, ont pu, d'après les images chronophotographiques, reconstituer les mots que le modèle avait articulés pendant la prise de ces images.

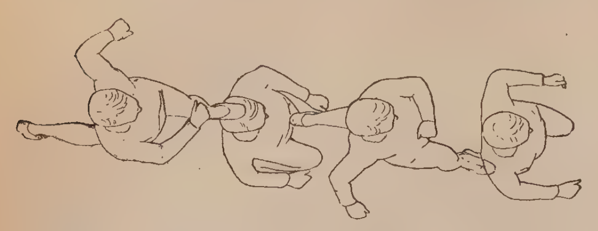


Fig 30. — Coureur chronophotographié d'un lieu élevé en projection horizontale.

Représentation artistique du cheval. — C'est en étudiant consciencieusement la Nature que nos peintres et nos sculpteurs ont atteint une grande habileté dans la représentation du cheval. Pour ne citer qu'un des plus illustres, Meissonier n'avait pas reculé devant les plus laborieuses études. Assis au centre d'un manège que faisait tourner un cheval et ayant ainsi toujours l'animal devant lui, il dessinait, à une phase constante de l'allure, la position d'un membre, puis d'un second, puis l'ensemble. C'est ainsi qu'il était arrivé à cette fidélité parfaite qu'on admire dans ses représentations du cheval au pas, au trot et à certaines phases du galop.

Aussi est-ce avec enthousiasme que Meissonier accueillit les belles séries de photographies instantanées de Muybridge dont les peintres se sont depuis lors fréquemment inspirés. Sur les albums de M. Muybridge, le document authentique est livré à l'artiste avec une facilité singulière; les images, bien qu'obtenues avec des appareils multiples, ne sont pas sensiblement affectées par la différence de perspective, parce que les appareils pouvaient être placés à une assez grande distance pour rendre ce défaut peu sensible.

La chronophotographie sur bande pelliculaire en mouvement donne des images plus nettes encore, à cause de l'extrême brièveté du temps de pose que seuls peuvent donner les obturateurs rotatifs.

La fig. 31, qui représente un cheval au petit galop, a été prise devant un champ obscur et sur un cheval blanc. Ces conditions n'étaient pas indispensables, puisqu'on peut également opérer sur un fond lumineux ; mais elles donnent aux images un modelé qui fait mieux ressortir les reliefs des muscles, des tendons, des veines même de la peau.

Parmi les attitudes représentées, il en est une, image inférieure, qu'on rencontre fréquemment dans les frises du Parthénon ; mais on en trouve d'autres aussi que l'art n'avait pas encore représentées. Ces dernières seraient-elles défectueuses au

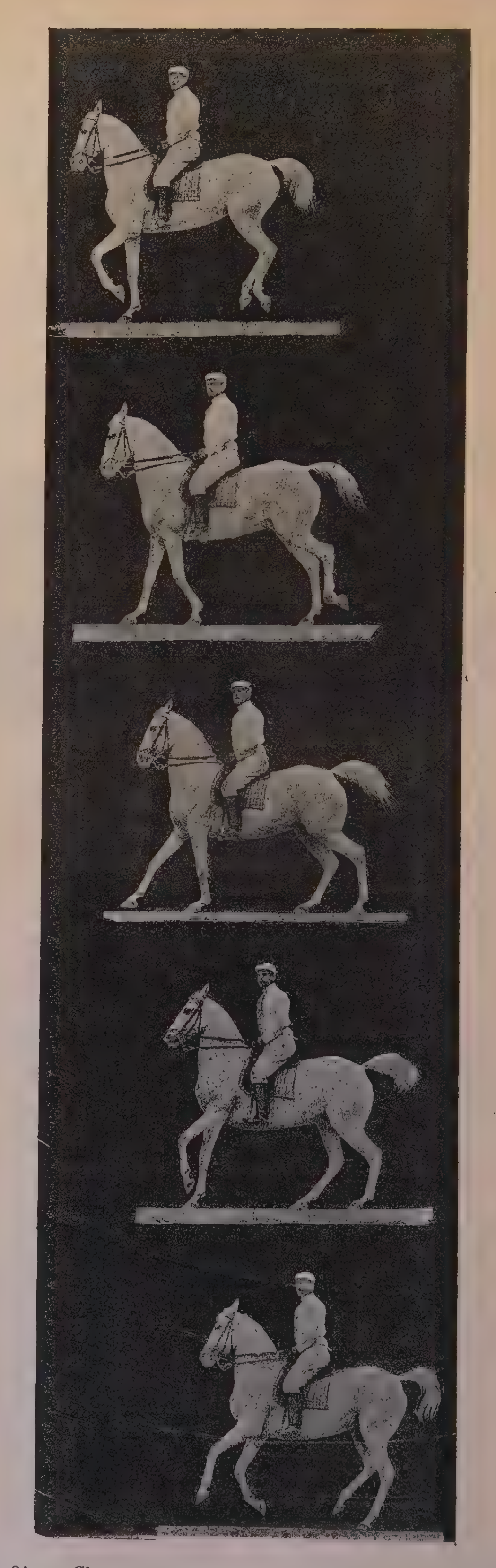


Fig. 31. — Cheval au petit galop. La succession des images se lit de bas en haut.

point de vue artistique? Nous croyons bien plutôt qu'elles n'avaient pas encore été aperçues par les artistes, et que si elles paraissent tout d'abord un peu étranges, c'est précisément par ce que nous ne sommes pas encore habitués à les voir représentées.

VIII. — LOCOMOTION AQUATIQUE

Les animaux terrestres trouvent sur le sol un point d'appui solide ; chez eux, les différents types de locomotion se rattachent toujours au mécanisme suivant : Un effort plus ou moins brusque des membres tend à repousser le sol dans un sens, et le corps de l'animal en sens inverse; or, comme le sol présente une résistance à peu près absolue, c'est sur le corps de l'animal que se produit tout l'effet de l'action musculaire.

Toute autre est la locomotion des animaux aquatiques. Pour eux, le point d'appui est un liquide qui se déplace et consomme, en pure perte, une partie plus ou moins grande du travail musculaire dépensé.

Tous les genres de propulseurs que l'homme croit avoir imaginés pour naviguer : voiles, rames, godilles se trouvent à un haut degré de perfection dans les organes locomoteurs des animaux aquatiques. Et si l'hélice, en tant que mouvement rotatif, ne s'observe pas dans la nature organisée, du moins y trouve-t-on certains mouvements ondulatoires du corps ou de la queue des poissons qui, au point de vue de leur fonction, ont certaines analogies avec l'action de l'hélice.

En outre, les animaux aquatiques présentent de nombreux moyens de propulsion que l'homme n'a jamais employés et dont l'imitation pourra être tentée avec avantage.

Sans prétendre faire l'énumération complète des divers modes de progression qu'on observe chez les êtres aquatiques on peut citer les suivants :

Progression par réaction, lorsqu'un jet de liquide est projeté par l'animal : poulpe, méduse, larves de certains insectes, mollusques bivalves.

Progression au moyen d'organes qui trouvent une résistance inégale dans les deux phases de leur mouvement : comatules, crustacés, etc.

Progression par l'effet d'une onde qui se propage le long du corps en sens inverse de la translation de l'animal : anguille et poissons allongés.

Progression par chocs alternatifs d'une palette flexible : carinaria, nageoire caudale de la plupart des poissons.

C'est l'invention de l'aquarium qui a permis d'étudier les différents types de la locomotion aquatique. Mais ici, comme pour les autres mouvements des animaux, l'œil est souvent incapable de suivre les phases de ces actes rapides et compliqués. Voici ce que nous ont donné les premières tentatives d'application de la chronophotographie à ce sujet encore bien peu connu.

Les manières d'opérer varient beaucoup suivant les circonstances.



Fig. 32. — Méduse cheminant horizontalement en s'éloignant de l'appareil (image négative).

Dans les cas les plus simples, on braque l'objectif sur un aquarium transparent enchâssé dans l'épaisseur de la paroi d'une chambre ; un réflecteur de toile blanche, convenablement incliné et recevant la lumière solaire, forme un fond lumineux sur lequel les animaux se détachent en silhouette. On recueille une série d'images sur pellicule mobile et l'on obtient la suite des attitudes qui correspondent aux phases successives du mouvement qu'on voulait connaître. La plus grande difficulté consiste à obliger l'animal à se mouvoir dans un espace restreint, afin qu'il ne sorte pas du champ qui projette son image sur la plaque sensible.

Après avoir tracé sur la paroi de l'aquarium quatre lignes qui limitent l'espace visible dans les images, on guette l'instant où l'animal traverse ce champ. Pour peu que ce passage ne dure pas moins d'une seconde, il est facile de recueillir une série de 20 ou 30 images ; cela suffit en général pour saisir les phases du mouvement[1].

La *méduse* (fig. 32) est assez facile à étudier ; la

[1] Comme les dimensions d'une page ne permettent pas de représenter des séries aussi longues, nous ne pourrons donner ici que quelques spécimens incomplets de ces images.

transparence de ses organes fait que la silhouette montre quelques détails des organes intérieurs.



Fig. 33. — Comatule exécutant des mouvements pour s'élever au-dessus du fond de l'aquarium. La succession des images se lit de bas en haut.

Au moyen d'une baguette plongée dans l'aquarium, on amène la méduse dans le champ sur lequel l'objectif est braqué; on la voit alors exécuter des contractions et des relâchements alternatifs de son ombrelle; ces mouvements chassent, à chaque fois, un certain volume d'eau et, par la réaction, propulsent l'animal en sens inverse. Si la méduse est verticalement orientée, la propulsion se fait de bas en haut et l'animal s'élève; si elle est inclinée horizontalement, la propulsion se fait dans le sens horizontal : c'est ce qui a lieu fig. 32; la méduse nageait en s'éloignant de l'observateur. Cette disposition permet de voir comment les franges qui bordent l'ombrelle se retournent tour à tour en dedans ou en dehors suivant les mouvements de l'eau aspirée et refoulée alternativement.

La *comatule* (fig. 33) présente un mode de locomotion fort curieux. Généralement fixée sur quelque appui solide, comme une fleur sur la branche qui la porte, elle exécute avec ses bras des mouvements obscurs et très lents; mais si on la détache de son point d'appui, et si on l'irrite au moyen d'une baguette, on la voit, au bout d'un certain temps, agiter ses bras d'un mouvement rapide qui a pour effet de transporter l'animal loin des contacts importuns. De même que pour la méduse, la translation a lieu dans le sens de l'axe du corps : si la comatule incline obliquement son calice, elle se transporte obliquement. Dans le cas représenté ci-contre (fig. 33) l'animal cherchait à s'élever du fond de l'aquarium.

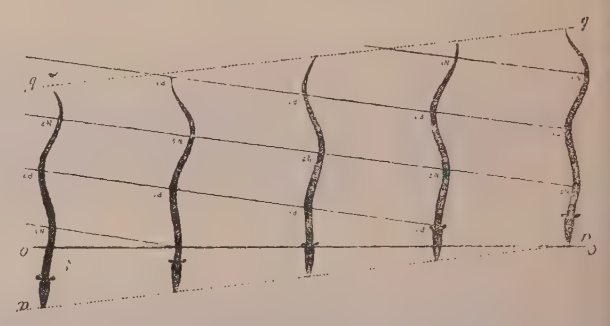


Fig. 34. — Anguille se déplaçant dans un plan horizontal. Une ligne horizontale *oo* sert de repère pour apprécier l'obliquité des lignes qui joignent les ventres et les nœuds des ondes formées par le corps, ainsi que la vitesse de progression de l'animal, exprimée par l'obliquité de la ligne *oa*.

Voici le mécanisme de la propulsion. Les bras de la comatule sont au nombre de 10; il y en a toujours cinq qui s'élèvent et cinq qui s'abaissent. Deux bras consécutifs sont animés de mouvements contraires; ceux qui s'élèvent se rapprochent de l'axe du corps, ceux qui descendent s'en éloignent. Enfin, pendant la phase d'élévation de chaque

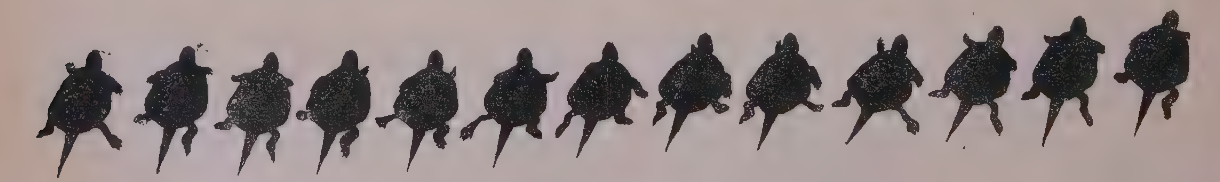


Fig. 35. — Allure quadrupède d'une tortue d'eau qui nage en montant.

membre, les cirres sont invisibles, accolées qu'elles sont par la résistance de l'eau sur le bras auquel elles s'implantent ; dans la phase descendante, au contraire, ces cirres s'écartent, et trouvent sur l'eau une résistance qui sert de point d'appui pour la locomotion de l'animal.

L'*anguille* (fig. 34), et les poissons qui ont une structure analogue, progressent par l'effet d'un mouvement d'ondulation du corps ; cette onde se propage de la tête à la queue. Il nous a semblé que ces poissons, lorsqu'ils veulent reculer, donnent à leur mouvement onduleux une direction contraire, c'est-à-dire que l'onde chemine de la queue à la tête. Mais ce mouvement est difficile à provoquer et nous n'avons pas encore pu le fixer par la chronophotographie. C'est l'onde rétrograde produisant la progression de l'animal qui, dans la figure 34, est représentée en projection horizontale. Les distances entre les images étant égales et correspondant à des intervalles de temps égaux, 1/10 de seconde, il est facile, au moyen d'une construction fort simple, d'apprécier la vitesse de l'onde et celle de l'anguille elle-même.

Une ligne horizontale *o o* représente, sur toutes les images, la position où se trouverait l'extrémité antérieure de la tête si l'anguille n'avait pas progressé ; or, on voit qu'à la cinquième image comptée de gauche à droite, c'est-à-dire au bout d'une demi-seconde, l'anguille a progressé de plus du quart de sa longueur, soit environ 0^m75, ce qui donnerait 15 centimètres à la seconde.

D'autre part les lignes $p^1, p^2,\ldots$ n^1 $n^2\ldots$, qui joignent entre eux les ventres et les nœuds d'une même onde dans la série des images ont, par rapport à la ligne *oo*, une obliquité qui exprime la vitesse de ces ondes et permet de la mesurer. Il résulte de cette mesure, que la marche de l'onde d'avant en arrière est un peu plus rapide que la progression de l'animal ; il y aurait donc ici, comme dans l'action de l'hélice d'un navire, un léger *recul* qui tient à la mobilité du point d'appui.

Nous avons étudié de la même manière la reptation de diverses espèces de serpents, soit sur terre, soit dans l'eau ; la reptation des uns et la natation des autres présentent de grandes analogies avec la natation de l'anguille, mais nous n'y avons pas trouvé la même régularité des mouvements.

Les *tortues* d'eau offrent différents modes de natation : tantôt c'est une sorte d'allure quadrupède avec association diagonale du mouvement des membres, comme dans le trot d'un animal ; c'est ce qui est représenté figure 35. Chez les espèces exclusivement marines, les pattes affectent la forme de nageoires, ou mieux d'ailes rudimentaires, et les mouvements des membres antérieurs sont parfois symétriques comme ceux des ailes d'un oiseau. Il en résulte une espèce de vol dans l'eau analogue à celui des pingouins. Ce genre de locomotion, que

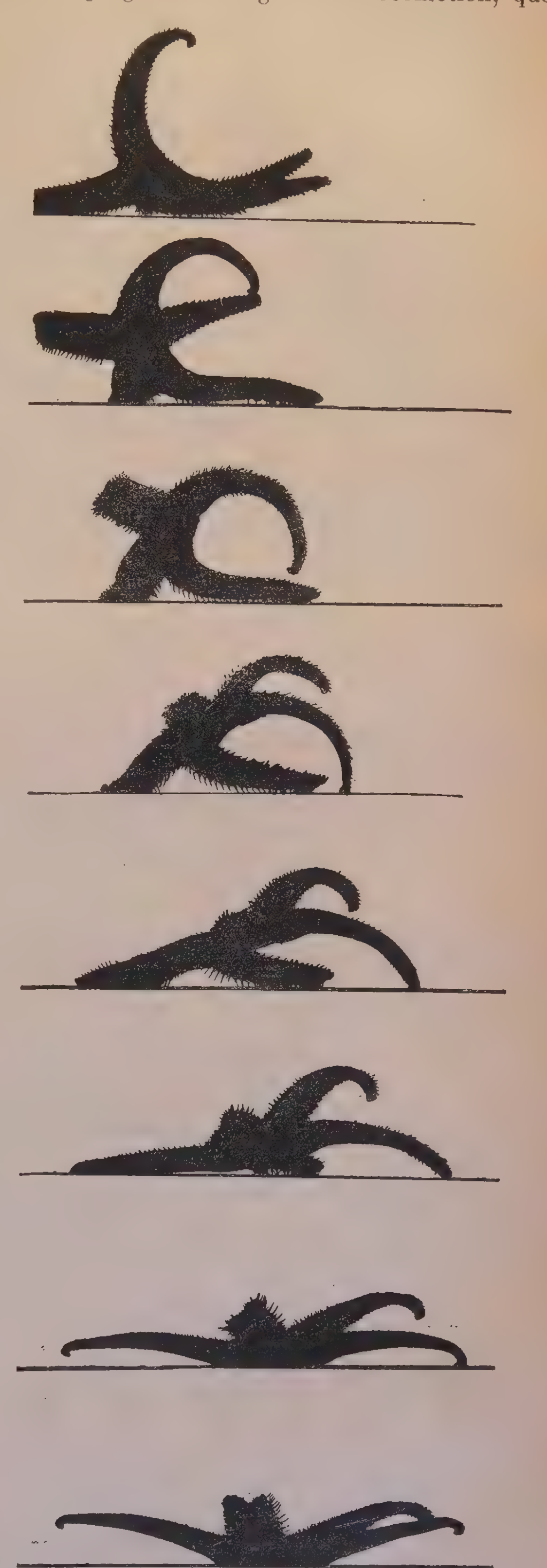


Fig. 36. — Phases du mouvement d'une astérie qui se retourne

nous n'avons pas encore eu l'occasion d'étudier

par la chronophotographie, rapproche, par les analogies fonctionnelles, les chéloniens et les oiseaux, déjà si voisins par leurs caractères morphologiques.

Les mouvements très lents de certains animaux aquatiques, faciles à étudier au moyen d'images successives, présentent également un grand intérêt. Rien n'est plus curieux que d'assister aux évolutions par lesquelles une *astérie* qu'on a retournée sur le dos travaille à se remettre sur le ventre. Elle y arrive (fig. 36) par des merveilles d'équilibre. On la voit glisser peu à peu l'un de ses rayons sous son corps, tandis qu'elle en soulève deux autres, jusqu'à ce que son centre de gravité se trouve en dehors de sa base de sustentation. Alors, tout à coup, perdant l'équilibre, elle tombe sur sa face ventrale; elle n'a plus ensuite qu'à étendre graduellement ses rayons pour être dans son attitude normale, et progresser sur le fond de l'aquarium par le mode de reptation qui lui est propre.

Ce mouvement de culbute est assez long à se produire, et exige de dix à vingt minutes d'ordinaire; aussi doit-on, pour en rendre les phases saisissables, laisser environ une minute d'intervalle entre deux images successives.

Pour les très petits mouvements, qu'on doit étudier de près, il faut recourir à une disposition particulière. On forme, avec deux glaces lutées au mastic, un petit aquarium dont les dimensions soient égales à celle du champ que devra couvrir l'image, et l'on place l'animal (une crevette, par exemple, fig. 37), dans cette petite caisse remplie d'eau de mer. En recueillant sur pellicule mobile les images successives qui se détachent en silhouette sur un fond lumineux, on obtient la série des mouvements des membres; ceux, par exemple, qu'exécutent les pattes pour seconder la respiration. Nous décrirons plus loin une disposition analogue pour l'étude du vol des insectes.



Fig. 37. — Mouvements des pattes d'une crevette.

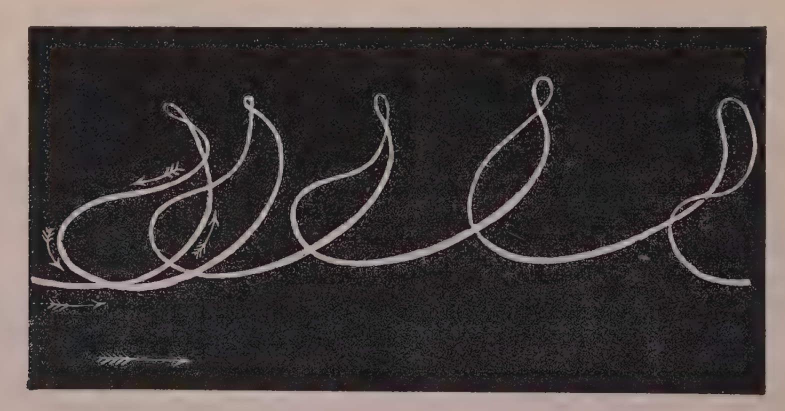


Fig. 38. — Trajectoire de l'extrémité de l'aile d'une corneille. Une paillette brillante attachée à la 2e rémige suivait le parcours indiqué par de petites flèches courbes. En bas de la figure une flèche droite et horizontale exprime la direction du vol.

IX. — LOCOMOTION AÉRIENNE

1° *Vol des oiseaux.* — Le mouvement des ailes de l'oiseau qui vole, bien plus rapide encore que celui des membres des quadrupèdes, échappe presque entièrement à l'observation. A peine l'œil entrevoit-il certaines attitudes qui durent un peu plus longtemps que les autres. C'est précisément ces phases du coup d'aile que les artistes représentent : en Europe, ils figurent généralement l'oiseau avec les ailes élevées; au Japon, suivant la juste observation de M. Muybridge, la phase d'abaissement des ailes est tout aussi fréquem-

ment représentée. Mais les attitudes intermédiaires des ailes sont restées inconnues jusqu'à l'emploi de la chronophotographie qui en traduit exactement la succession.

Dans l'analyse des mouvements du vol, on doit, suivant le but qu'on se propose, recevoir les images, soit sur une plaque fixe, soit sur une bande pelliculaire animée de translation.

La première méthode se prête à l'inscription de la trajectoire de la pointe de l'aile d'un oiseau (fig. 38). Une corneille volait devant un fond obscur; elle portait, à l'extrémité de l'une des premières rémiges, une paillette métallique qui brillait au soleil. La trajectoire singulière décrite dans l'espace représente le mouvement assez compliqué résultant de la rotation de l'aile autour de l'articulation scapulo-humérale et des flexions et extensions des différents segments du membre.

Cette trajectoire a été obtenue avec ouverture permanente de l'objectif photographique; aussi est-elle continue. En produisant des admissions de lumière intermittentes on eût obtenu la même trajectoire sous forme de points successifs dont l'écartement, variable à chaque instant, eût exprimé les variations de la vitesse de l'aile aux différents instants de son parcours.



Fig. 39. — Vol d'un héron aigrette. Une échelle métrique, au bas de la figure, permet d'évaluer la vitesse de l'oiseau (5 images par seconde).

La même méthode s'applique encore à prendre une série d'images complètes d'un oiseau blanc qui vole devant un champ obscur, pourvu qu'on n'ait pas besoin d'un très grand nombre d'images en un temps donné. Avec cinq images par seconde, on a obtenu la fig. 39, montrant un héron qui vole à rames et dont les ailes se montrent alternativement dans leur position d'élévation et d'abaissement extrêmes. On voit nettement que l'aile, au moment de son élévation la plus grande, se trouve fortement portée en arrière; elle est au contraire très portée en avant dans sa phase d'abaissement.



Fig. 40. — Vol du canard. Des fils verticaux, écartés entre eux d'un mètre, permettent d'évaluer la vitesse du vol. L'abaissement de l'aile se prononce de plus en plus dans les images suivies de droite à gauche. (5 images par seconde).

On a photographié dans des conditions semblables le vol du canard (fig. 40). Ici le nombre des images est voisin de celui des coups d'ailes, de sorte que l'oiseau est représenté dans une série

d'attitudes assez rapprochées les unes des autres. On observe d'abord l'abaissement complet des ailes, puis des degrés de moins en moins prononcés de cet abaissement, jusqu'à la dernière image qui le montre avec les ailes en élévation. L'ordre de succesion doit donc se lire de droite à gauche.

Pour rendre plus intelligibles les mouvements de l'aile d'un oiseau, il faut aussi pouvoir en prendre les images d'un lieu élevé, comme on l'a fait pour l'homme dans la figure 29. Un pigeon dont les chronophotographies ont été prises ainsi, d'en haut, a donné la figure 41 où, malgré la superposition partielle des images, on peut suivre les phases du coup d'aile, d'après les attitudes projetées sur un plan horizontal. On conçoit que la combinaison d'images d'un même oiseau, projetées sur trois plans perpendiculaires entre eux, donne des renseignements suffisants pour construire des figures en relief de cet oiseau; celles-ci renseignent entièrement sur ses attitudes successives aux différents instants du vol. C'est ce que nous avons fait et décrit dans un ouvrage spécial sur la physiologie du vol des oiseaux [1].



Fig. 41. — Pigeon qui vole; les images sont prises d'un lieu élevé. — Chronophotographie sur plaque fixe (25 images par seconde).

Si l'on trouvait insuffisant le nombre des images données par la chronophotographie sur plaque fixe, on recourrait à l'emploi de la pellicule animée de translation; cela permettrait de recueillir jusqu'à soixante images distinctes par seconde.

Ces études sur le mécanisme du vol des oiseaux, en dehors de l'intérêt qu'elles présentent au point de vue physiologique, conduiront à certaines applications pratiques. Elles montrent comment on pourrait construire des appareils capables de se transporter dans l'air. Or, on sait que, dans ces dernières années, on a déjà réussi à construire de petites machines qui battent des ailes et volent à la façon d'oiseaux, exécutant un parcours de 10 à 20 mètres.

Les oiseaux, d'autre part, ont un autre forme de vol appelé *vol plané*, dans lequel ils glissent sur l'air sans donner de coups d'ailes. Des appareils nommés *aéroplanes* imitent ce glissement dans l'air et exécutent des planements d'un assez grande étendue.

Ces différentes sortes de machines, lorsqu'elles évoluent dans l'air, sont aussi difficiles à observer que les oiseaux véritables; il est donc très utile de recourir à la chronophotographie pour apprécier la façon dont s'exécutent, soit leurs battements d'ailes, soit leurs glissements sur l'air. La figure 42 représente un petit appareil planeur en carton qui tombe d'un lieu élevé et décrit des courbes alternativement concaves et convexes, sous les influences combinées de la pesanteur et de la résistance de l'air. Cette trajectoire, dont l'œil ne saurait suivre les inflexions ni les variations de vitesse, est exprimée, dans tous ses détails, sur la figure ci-contre où les images sont prises à raison de 20 par seconde. L'écartement variable des images sucessives permet d'apprécier la vitesse du mobile et ses variations, ainsi que les inclinaisons diverses de l'axe de ce mobile sur sa trajectoire. Toutes ces inflexions s'expliquent assez bien aujourd'hui par les lois de la résistance de l'air contre les plans inclinés [1].

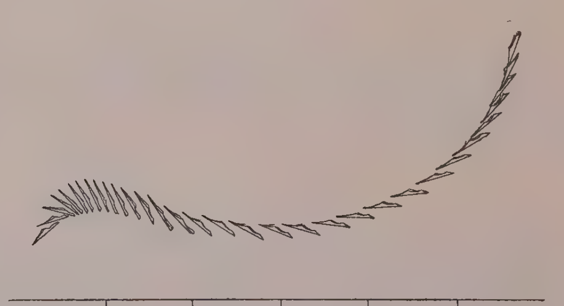


Fig. 42. — Reproduction schématique de la trajectoire chronophotographique d'un appareil planeur décrivant dans l'air une courbe sinueuse (20 images par seconde.)

[1] *Le Vol des oiseaux.* Paris, G. Masson, 1889.

[1] Voir le *Vol des oiseaux*, p. 293 et suivantes.

2° *Vol des insectes.* — Le vol des insectes diffère profondément de celui des oiseaux, au point de vue de son mécanisme. Nous croyons avoir démontré que ce vol présente de grandes analogies avec la fonction d'un propulseur que certains bateliers emploient et qu'on appelle la *godille*.

L'aile de l'insecte, dans son battement rapide, décrit en effet dans l'air la même trajectoire que la godille dans l'eau. L'action propulsive est, dans les deux cas, la même : celle d'un plan incliné qui se déplace dans un fluide; l'effet en est comparable à celui de l'hélice [1].

Mais si le mécanisme du vol des insectes est aujourd'hui connu dans ses caractères essentiels, bien des détails manquaient encore, que l'observation était impuissante à saisir, car la fréquence des battements de l'aile des insectes est extrême. Nous avons pu constater par l'inscription directe que certains d'entre eux donnent jusqu'à 300 coups d'aile par seconde et ce n'est certainement pas la limite de fréquence de ces mouvements.

Malgré les difficultés du problème, on pouvait espérer que la chronophotographie arriverait à saisir les phases du coup d'aile d'un insecte ; mais il était probable qu'il faudrait encore diminuer le temps de pose, déjà réduit à 1/2000 de seconde dans les expériences sur le vol des oiseaux. Or, comme il était à craindre qu'avec des poses si courtes l'éclairage ne devînt insuffisant, on devrait diriger sur l'insecte de la lumière extrêmement concentrée.

La figure 43 représente théoriquement la disposition à laquelle nous avons eu recours. On y voit de droite à gauche : en premier lieu, le faisceau de lumière parallèle qu'un héliostat dirige suivant l'axe optique principal du photochronographe. Ce faisceau est concentré par une lentille C [2] derrière laquelle se voit l'insecte maintenu captif à l'extrémité d'une pince. Le faisceau concentré traverse la première lentille de l'objectif, et ses rayons convergent sur les disques obturateurs; ils traversent ces disques au moment de la coïncidence des fenêtres et vont former sur la pellicule sensible un champ lumineux au milieu duquel se détache en silhouette l'image de l'insecte.

Le vol captif que l'on obtient avec ce mode de contention de l'insecte ne réussit pas pour toutes les espèces; il permet, il est vrai, d'orienter à volonté l'animal et de saisir les attitudes de ses ailes sous différents aspects; mais il donne lieu à des mouvements d'une amplitude et d'une rapidité exagérées.

Pour étudier le vol normal, on dispose, en avant de l'objectif, une boîte de carton fermée en avant par une glace qui vient toucher la lentille-condensateur. Introduit dans cette boîte, l'insecte va aussitôt voler contre la vitre qui a été mise préalablement au foyer de l'objectif. Du reste, on surveille la manière dont s'accomplit le vol et, au moment voulu, on presse le bouton qui met en marche la pellicule sensible. C'est ainsi qu'a été obtenue la figure 44.

Une grande brièveté des temps de pose était nécessaire pour obtenir des images nettes des ailes de l'insecte, à cause de l'extrême rapidité de leurs mouvements. Avec des fenêtres de 2 centimètres de largeur dont les coïncidences donnaient des éclairemenls de $\frac{1}{2000}$ de seconde, les images n'étaient pas nettes, du moins pour l'extrémité des ailes. Nous avons graduellement réduit le diamètre de ces fenêtres, en les remplaçant par des rideaux de métal percés de fentes étroites dirigées suivant les rayons du disque. Ces fenêtres, n'ayant que $1^{mm}5$ de largeur, leur coïncidence réduisit la durée de l'éclairement à 1/25000 de seconde.

L'insecte qui vole contre la vitre occupe, en profondeur, un espace assez grand ; il faut donc, pour

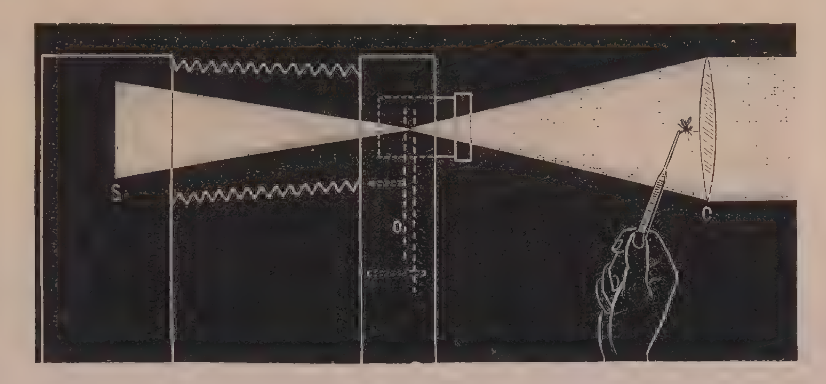


Fig. 43. — Disposition théorique de l'éclairage employé pour étudier le vol des insectes.

[1] Voir Marey. *La Machine animale.*

[2] La longueur focale de cette lentille doit être au moins double de celle de l'objectif.

que toutes les parties de son corps soient nettement représentées, que l'objectif ait une grande profondeur de foyer. Or, il arrive précisément que l'extrême étroitesse des fentes par lesquelles doit passer la lumière, au centre de l'objectif, constitue un excellent diaphragme qui donne au foyer plus de deux centimètres de profondeur [1].

X. — PHOTOGRAPHIE DES MOUVEMENTS DANS LE CHAMP DU MICROSCOPE

Les mouvements des êtres microscopiques sont particulièrement difficiles à suivre : leur rapidité est en général si grande que, dans bien des cas, les organes moteurs sont tout à fait invisibles. Aussi, la translation de certaines infusoires a-t-elle quelque chose de mystérieux ; ce n'est qu'en tuant l'animal qu'on aperçoit nettement des cils vibratiles, ou des organes du même genre, que leur agitation rapide empêchait d'apercevoir.

Il se passe dans le champ du microscope une infinité de mouvements des plus curieux, mais dont l'analyse par la chronophotographie présentait quelques difficultés.

En premier lieu, l'agrandissement considérable des images entraîne une diminution proportionnelle de l'intensité de la lumière qui agit sur chaque point de la plaque photographique. D'autre part, pour obtenir des images nettes de mouvements très rapides, on doit donner aux temps de pose une extrême brièveté. Il fallait donc que l'objet à photographier fût soumis à un très puissant éclairage.

Mais l'action prolongée d'une lumière très concentrée, et surtout celle de la chaleur qui l'accompagne, altèrerait bien vite les petits êtres qui se meuvent dans la préparation microscopique. Pour éviter ce danger nous avons recouru à la disposition que voici :

La lumière, très concentrée, n'est projetée sur la préparation que d'une manière intermittente et pendant des temps très courts, généralement inférieurs à 1/1000 de seconde. Le chronophotographe se prête aisément à cette disposition : il suffit de placer l'objet à photographier en arrière des disques obturateurs ; ceux-ci ont dès lors pour fonction de couper le faisceau de lumière concentrée et de ne le laisser arriver sur la préparation que pendant les courts instants de la coïncidence des fenêtres.



Fig. 44, montrant deux *tipules*, dont l'une est immobile et posée contre une vitre, pendant que l'autre vole au-dessous d'elle, en agitant ses pattes de diverses manières et en donnant à son corps des inclinaisons variées. Cette figure est un fragment d'une longue bande pelliculaire.

La figure 45 montre, dans ses principaux détails, la pièce spéciale qui s'adapte au chronophotographe pour l'analyse des mouvements microscopiques. Une caisse de bois, ouverte à sa partie centrale, s'adapte à glissière sur l'avant-corps de notre appareil à la façon des boîtes à objectifs déjà décrites. Cette caisse porte, en avant, un objectif C qui ne sert qu'à condenser la lumière envoyée par un héliostat. Le foyer de ce condensateur vient se former sur la platine *p* à l'endroit même où sera placée la préparation. Pour la mise au point, on règle la position de la platine porte-objet, d'abord au moyen du bouton B qui commande une crémaillère, puis avec la longue tige *m v* qui commande la vis micrométrique.

[1] Nous nous proposons de modifier les conditions de l'expérience et d'établir un système d'éclairage des insectes qui les rende lumineux devant un champ obscur. On se trouvera ainsi dans les conditions de la chronophotographie sur plaque fixe et l'on pourra suivre avec plus de précision les phases, si fugitives, d'un coup d'aile de l'insecte.

L'objectif microscopique O est braqué sur la préparation ; en arrière de cet objectif, les rayons qui portent l'image traversent une boîte cubique de métal, puis, se continuant à travers la caisse de bois dans le soufflet qui s'y adapte, arrivent enfin sur la glace dépolie de la *chambre aux images* [1].

Sur le côté de la caisse métallique, est obliquement implanté un tube de microscope avec son oculaire. Une disposition introduite par M. Nachet permet d'envoyer à volonté l'image, soit sur le verre dépoli, soit dans le microscope ; elle consiste dans l'emploi d'un prisme à réflexion totale que l'on met en mouvement au moyen du bouton P. En pressant sur le bouton, on avance le prisme et on rejette l'image de la préparation dans le microscope ; en tirant sur le bouton, on éloigne le prisme et l'image va se former directement sur le verre dépoli ou sur la plaque sensible.

Comme il serait impossible de rechercher les points intéressants de la préparation lorsqu'on est placé à l'arrière de l'appareil pour regarder l'image sur le verre dépoli, cette recherche se fait en regardant par l'oculaire du microscope qu'une lentille de correction permet de régler de telle sorte que les images soient exactement au point dans le microscope et sur la plaque sensible.

Tout étant préparé pour les photographies sur pellicule en mouvement, on vérifie par l'oculaire du microscope si la mise au point est exacte, et si les mouvements se produisent à l'endroit voulu. On tire alors sur le bouton du prisme et l'on met l'appareil en marche [1].

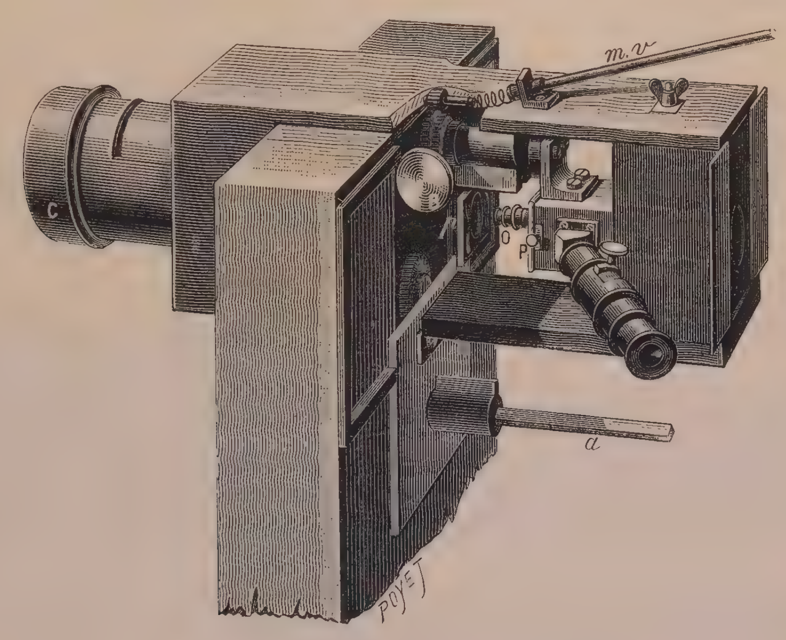


Fig. 45. — Pièce spéciale qui s'ajoute au chronophotographe pour étudier les mouvements des êtres microscopiques.

La figure 46 montre, à un grossissement considérable, plusieurs Vorticelles attachées à des filaments de Conferves. Pendant la succession des dix images représentées sur la figure, plusieurs Vorticelles exécutent des mouvements ; leur style se rétracte et les tire obliquement en bas et à droite. Ce mouvement, trop brusque pour que l'œil puisse le saisir, peut être suivi, dans ses phases, de la façon suivante :

Prenons pour points de repère les fibres de Conferves qui s'entrecroisent sur la préparation ; nous voyons une fibre transversale croisée par trois fibres verticales et formant avec elles des compartiments à peu près rectangulaires. Dans le plus grand de ces compartiments se voient deux Vorticelles munies de leurs styles contournés en spirales. Ces deux Vorticelles se meuvent, car on peut constater que, de la première à la dernière image, elles s'approchent graduellement de la fibre transversale et de l'angle inférieur droit du compartiment qui les renferme [2].

---

[1] Voir ci-dessus la description de cette chambre, p. 695.

[1] Pour pouvoir opérer sans le secours d'un aide qui tourne la manivelle du rouage, nous avons mis celui-ci en rapport avec un barillet à ressort et avec un volant régulateur. On embraye le volant, on remonte le barillet, et tout est prêt pour que l'appareil se mette en marche dès que le volant sera rendu libre. Lors donc qu'on a constaté, en regardant par le microscope, que la préparation est bien au point, on n'a plus qu'à tirer le bouton du prisme et à lâcher le volant pour que l'appareil se mette en marche et que les images se prennent.

[2] Le procédé de gravure qui a servi à reproduire ces images ne se prête pas à rendre la pureté des détails que

Cet exemple n'est peut-être pas un des plus intéressants qu'on puisse choisir pour montrer les applications de la chronophotographie aux mouvements des êtres microscopiques[1]. Mais nos expériences ne sont encore qu'à leur début, et nous nous proposons de les poursuivre. Nous espérons surprendre ainsi les mouvements des globules du sang dans les vaisseaux capillaires, les actes intimes de la contraction de la fibre des muscles et des ondes qui les parcourent; enfin, les mouvements des cils vibratiles et, en général, des organes qui servent à la locomotion des infusoires, etc.

Nous ne doutons pas non plus qu'il ne soit possible d'appliquer aux êtres microscopiques la chronophotographie sur plaque fixe, en se servant d'un éclairage oblique, du système imaginé par M. Nachet, qui montre les objets lumineux sur fond obscur.

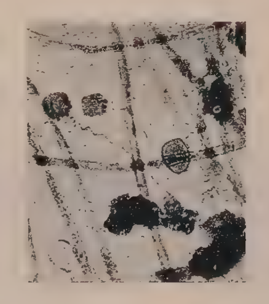





Fig. 46, montrant les mouvements de Vorticelles qui rétractent leur style en spirale. La succession des mouvements se lit de gauche à droite.

XI. — LA CHRONOPHOTOGRAPHIE APPLIQUÉE AUX SCIENCES PHYSIQUES

Pour terminer cette revue déjà longue des applications de la chronophotographie, nous n'ajouterons que quelques mots, destinés à montrer le parti qu'on en peut tirer pour étudier le mouvement dans le monde inorganique. La Cinématique et la Dynamique trouveront un auxiliaire puissant dans l'emploi de notre méthode.

Les mémorables expériences de Galilée qui ont déterminé les lois de la chute des corps peuvent être considérées comme le point de départ de la Mécanique scientifique. C'est en généralisant ces lois, et en les appliquant à toutes les forces qui agissent sur la matière, qu'on a créé la Dynamique. Or, les mouvements si compliqués des masses soumises à différentes forces, s'ils sont parfois difficiles à déterminer par le calcul, sont en général très faciles à déterminer expérimentalement par la chronophotographie.

Choisissons pour exemple l'expérience de Galilée sur les lois du mouvement d'un corps qui tombe sous l'action de la pesanteur. Il a fallu au grand physicien de Florence un effort de génie pour trouver le moyen de réduire la vitesse du mouvement, à l'aide du plan incliné, sans en altérer les caractères, et pour en rendre saisissable l'accélération uniforme. Ce même problème, traité par la chronophotographie, peut se résoudre de la façon la plus simple, sans aucun dispositif spécial. On place une échelle au-devant du champ obscur et l'on prend dans sa main une boule pesante blanchie à la craie; on laisse tomber cette boule d'une certaine hauteur, tandis que l'appareil chronophotographique en reçoit les images sur plaque fixe. Ne voit-on pas dans la fig. 47 la série des positions occcupées par le mobile à chacun des instants successifs (à chaque 40e de seconde)? Et n'est-il pas facile, au moyen, d'une échelle métrique, de comparer entre eux les espaces parcourus dans ces unités de temps successives?

L'expérience, il est vrai, a été réalisée dans des conditions assez grossières [1], mais on pourrait y introduire toute la précision désirable.

La même méthode pourrait servir à déterminer les lois de la résistance de l'air agissant sur des mobiles de différentes formes et de différentes densités.

En général, tous les mouvements des corps soumis à différentes forces peuvent s'inscrire d'eux-mêmes par la chronophotographie sur plaque fixe. Les phases de l'oscillation du pendule simple, celles du pendule composé; la trajectoire d'un projectile unique, ou celle de projectiles de masses différentes reliés entre eux; la composition des mouvements de rotation et de translation, etc.;

---

présentait la préparation et qui se retrouvait sur les clichés originaux.

[1] Nous avons également obtenu d'assez bonnes images du mouvement des globules du sang dans les vaisseaux capillaires, et de la croissance des cristaux arborisés dans des solutions saturées.

[1] Les intervalles de temps sont trop courts; on n'a pas photographié la règle métrique dans le plan où se produit la chute du mobile; l'ombre des barreaux de l'échelle se projette sur le mobile et en rend parfois la position indécise, etc.

tout cela se traduit sur les images dans sa forme la plus expressive, celle d'une figure géométrique.

Il serait même possible, en recueillant par cette méthode des images stéréoscopiques, d'exprimer les caractères d'un mouvement qui se produit suivant les trois dimensions de l'espace.

En pratique, notre méthode offre de grands avantages pour contrôler la marche des machines et

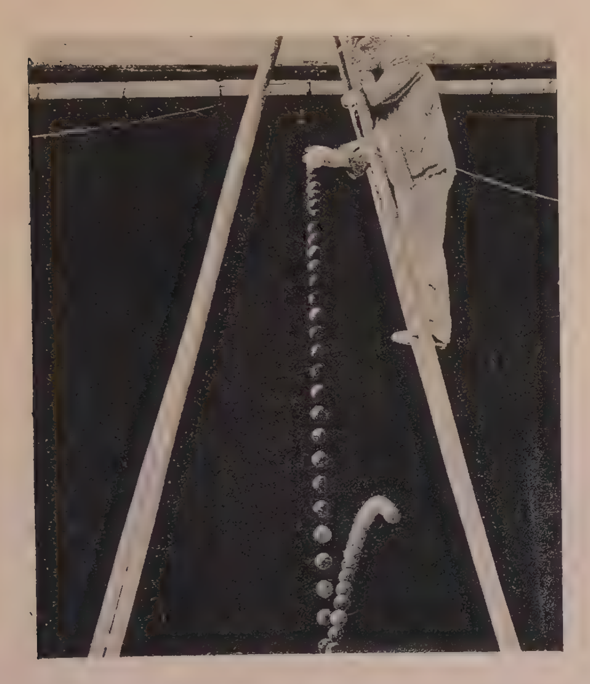


Fig. 47. — Phases du mouvement d'un corps qui tombe étudiées par la chronophotographie sur plaque fixe.

pour s'assurer qu'elles ne présentent pas dans leur fonctionnement quelque défaut qu'on n'a pas su prévoir. Une des grandes préoccupations de notre époque est la construction de machines volantes capables de se transporter dans l'air et de s'y diriger. Dans les essais fort nombreux qui ont été faits jusqu'ici, les appareils se sont souvent mal comportés et se sont parfois brisés dans leur chûte sans qu'on ait eu le temps de saisir le vice de leur fonctionnement. Étudiées par la chronophotographie, ces machines eussent révélé tous les détails de leurs mouvements et montré les défauts qui ont occasionné la chute.

Rappelons à cet égard l'expérience sur la translation du petit appareil planeur. On eût pu s'attendre à ce que l'appareil décrivît dans l'air une trajectoire plus simple. Les courbes onduleuses qu'il a suivies, et dont une seulement se voit sur la figure, montrent que, d'après la loi de Joëssel, le centre de pression de l'air contre un plan qui suit une trajectoire oblique se déplace en raison de la vitesse et produit des changements d'orientation du mobile qui se corrigent et se reproduisent d'elles-mêmes d'une façon périodique [1].

Il n'est pas jusqu'au domaine de la Géométrie qui ne soit, à certains égards, accessible à la chronophotographie. On considère la plupart des figures de la Géométrie dans l'espace comme engendrées par le mouvement de lignes ou de points qui se transportent en sens divers. Ainsi, un cône est engendré par les mouvements d'une droite qui décrit un cercle par l'une de ses extrémités, tandis que l'autre est fixée en un point d'une perpendiculaire élevée au centre de ce cercle. Cette genèse peut être réalisée d'une manière concrète en photographiant sur plaque fixe les images d'un fil blanc qui se meut devant un fond noir suivant les conditions ci-dessus indiqués. Des conoïdes sont engendrés par le mouvement d'un fil qui se meut circulairement à l'une de ses extrémités, tandis que l'autre se déplace en ligne droite. On obtient une cycloïde en faisant rouler devant le champ obscur un cercle noir qui porte un point lumineux, etc.

Pour toutes ces applications si variées, le chronophotographe n'exige aucune disposition spéciale, sauf parfois le changement d'objectif, lorsque les dimensions de l'objet qu'on étudie et la distance à laquelle il se trouve rendent ce changement nécessaire.

En rapprochant, comme il est naturel de le faire, la chronophotographie des autres formes de la Méthode graphique, nous lui avons attribué une supériorité sur ces dernières dans beaucoup de cas. En effet, cette méthode est *plus simple*, chaque fois qu'on peut recueillir sur une plaque fixe, et par une opération toujours la même, la succession des phases d'un phénomène. Elle est *plus puissante*, puisqu'elle aborde des phénomènes d'une plus grande complexité. Elle est *plus sûre*, car, à l'inverse des procédés mécaniques d'inscription des mouvements, elle n'emprunte rien à la force dont elle étudie les effets et n'en altère en rien les manifestatations. Enfin elle est *plus générale*, et nous croyons avoir montré par des exemples assez nombreux qu'elle s'applique également aux sciences physiques et aux sciences naturelles.

E.-J. Marey
de l'Académie des Sciences.

[1] Voir le *Vol des Oiseaux*, p. 305.

LES PRODUITS FORMÉS PENDANT LA FERMENTATION ALCOOLIQUE

LEUR ORIGINE; LEUR INFLUENCE SUR LA QUALITÉ DES BOISSONS FERMENTÉES

Lavoisier annonça en 1789 que, sous l'influence d'un ferment qui est aujourd'hui pour nous la levûre, le sucre se dédoublait en alcool et en acide carbonique. Gay-Lussac, en 1815, reprenant la découverte de Lavoisier, sut montrer que les quantités de l'un et de l'autre corps étaient sensiblement égales, et que leur somme représentait à peu de chose près le poids du sucre décomposé. Il se crut donc autorisé à mettre ce dédoublement sous la forme d'une équation chimique, dont la science s'est contentée pendant longtemps.

Le grand nombre de corps découverts depuis dans les produits de la fermentation, la forme nouvelle sous laquelle la science envisage aujourd'hui ce phénomène, nous interdisent de le représenter avec une semblable précision.

A côté de l'alcool et de l'acide carbonique sont venus en effet dans l'équation de Gay-Lussac s'introduire bien des termes nouveaux : ce sont d'abord la glycérine et l'acide succinique, que M. Pasteur a retrouvés d'une façon constante dans tous les produits fermentés; ce sont l'aldéhyde, l'acide acétique, et même des acides gras supérieurs, dont l'existence a été constatée par MM. Duclaux, Schutzenberger, Béchamp, etc ; ce sont des alcools supérieurs (alcool propylique, isobutylique, amylique, isolés par Chancel, Wurtz, Isidore Pierre, etc.); ce sont des glycols et spécialement le glycol isobutylénique ; ce sont des composés basiques, découverts par MM. Krœmer et Pinner, et étudiés par M. Morin. Il convient enfin de faire figurer, pour une certaine part, dans les produits nés de la fermentation, comme l'a montré M. Pasteur, la levûre elle-même, dont la partie hydrocarbonée s'est formée aux dépens du sucre.

Dans les théories actuelles de la science, basées sur les travaux de MM. Pasteur, Schutzenberger, Béchamp, Duclaux, Nœgeli, Laurent, etc., la fermentation alcoolique n'est plus un simple phénomène de dédoublement de la molécule sucrée sous l'action de présence de la levûre, mais constitue un acte biologique, dont les conséquences sont sujettes à toute la complexité, à toutes les variations auxquelles la physiologie végétale nous a habitués. Devant cette double considération, comment pourrait-on songer aujourd'hui à enserrer la vie de la levûre, dans les limites d'une égalité chimique?

L'équation de Gay-Lussac était simple, et bien simple aussi la théorie de la fermentation. Mais il est un fait général, dont nous retrouvons ici la manifestation : c'est que plus la science se perfectionne et approfondit les phénomènes naturels, plus elle en découvre la complication, et ce phénomène de la fermentation, qui pouvait se résumer en quelques mots à l'époque où on ne le connaissait que superficiellement, devient aujourd'hui un des problèmes les plus étendus de la chimie biologique, et l'un de ceux qui laissent aux savants le plus de points à éclaircir.

Quand un problème présente de telles difficultés à résoudre, il est intéressant pour celui qui veut se rendre compte de ce qui a été fait et de ce qui reste à faire, de regarder en arrière et d'examiner la question telle qu'elle se pose aujourd'hui. C'est ce que nous avons voulu faire dans cet article, non pas pour le problème dans son ensemble (car il faudrait nous occuper des espèces de levûre, de leur alimentation, etc.), mais pour une des questions seulement de ce problème, celle qui nous sollicite de lui dire l'origine des différents produits nés pendant la fermentation alcoolique.

I

La levûre, — qu'elle soit une cellule de *Saccharomyces Cerevisiæ*, comme celle qui fait la bière, qu'elle soit une cellule de *Saccharomyces ellipsoïdeus*, de *Saccharomyces Pastorianus*, etc.., comme celles qui produisent le vin, — végète dans un milieu sucré : en dehors de sa fonction alcoolique, cette levûre vit, c'est-à-dire respire, se nourrit et se reproduit. Par sa respiration elle dégage de l'acide carbonique, et cet acide carbonique doit par conséquent, dans le compte final de la fermentation, être soustrait de l'acide carbonique qui provient de la décomposition du sucre. MM. Gréhant et Quinquaud (C. R. CVI, 609 et 1249) ont montré qu'en faisant vivre de la levûre dans l'eau pure, puis dans l'eau sucrée et en recueillant le gaz dégagé dans chacun des cas, on pouvait établir la distinction entre l'acide carbonique de respiration et l'acide carbonique de fermentation.

Pour se nourrir et reproduire incessamment des êtres semblables à elle-même, la levûre décompose les aliments hydrocarbonés, azotés et minéraux qui se trouvent à sa disposition. Elle abandonne donc au liquide fermenté les résidus chimiques de cette alimentation, résidus chimiques qui ne sauraient dès lors être comptés parmi les produits de la fermentation normale. Ces résidus seront nécessairement variables avec la nature des matériaux que l'on présente à la levûre, avec les conditions dans lesquelles elle se trouve pour les assimiler. Sur ces résidus, nous ne connaissons rien et nous devons

nous borner à constater leur existence dans les produits de la fermentation, sans chercher à les définir.

II

Laissons de côté, pour le moment du moins, les produits sécrétés par la levûre considérée comme cellule qui végète, vit et se reproduit, et recherchons ceux qu'elle doit former, quand, indépendamment de sa vie végétale, elle accomplit sa vie de ferment et décompose la molécule sucrée.

La question est difficile à résoudre et est loin d'être résolue; car, pour l'élucider d'une façon complète, il nous faudrait non seulement empêcher la levûre de vivre, ce qui est impossible, mais encore suivre cette levûre à chacune des périodes qu'elle accomplit dans son rôle de ferment; car il est très probable que la levûre ne fournit pas, au commencement et à la fin de la fermentation qu'elle provoque, les mêmes produits, ou les fournit en proportions différentes.

Nœgeli, puis M. Laurent [1], ont montré que la levûre s'assimile le sucre qu'elle doit ensuite faire fermenter; elle s'en fabrique une réserve hydrocarbonée, un glycogène, en le combinant à son tissu, puis le décompose à l'intérieur même de sa cellule. Mais elle ne décompose ce glycogène qu'à la condition de le reconstituer immédiatement en réabsorbant le sucre qui se trouve autour d'elle. Voilà donc une première période de la vie fermentative de la levûre, celle où elle assimile et désassimile continûment. La cellule est pleine : elle est dans toute l'activité de sa vie.

A cette première période en succède une autre, celle où la levûre, n'ayant plus de sucre à sa disposition, consomme sa réserve hydrocarbonée, son glycogène, sans en reconstituer de nouveau.

Enfin, la levûre arrive à accomplir une troisième période, dite d'autophagie; la cellule maigrit, se remplit de granulations et se déforme, vit sur elle-même et consomme sa cellulose et sa matière grasse.

Les deux premières périodes ne sont pas essentiellement différentes, et il se peut que les produits sécrétés dans les deux cas soient les mêmes; mais ils ne sont certainement pas les mêmes, ou ne sont pas engendrés en quantités semblables, quand s'accomplit la troisième période, dite d'autophagie.

MM. Béchamp, Schutzenberger, Duclaux ont montré que dans cette dernière période il se forme beaucoup d'acide acétique; il se forme également de la leucine et de la tyrosine. Enfin, M. d'Udransky [2] a récemment émis l'opinion que la glycérine elle-même prenait naissance pendant l'autophagie.

On voit alors combien cette question est délicate, puisque la nature et la proportion des produits sécrétés dépend de la période de la fermentation à laquelle on considère la levûre. Elle n'est cependant pas insoluble et pourra être éclaircie le jour où l'on parviendra à faire fermenter, à l'abri de toute contamination, par une levûre pure de race, une assez grande quantité de solution sucrée, préalablement stérilisée, et où l'on parviendra à séparer nettement les produits sécrétés à chacune des périodes que nous venons de distinguer.

III

Nous avons supposé, dans les considérations qui précèdent, que la levûre, végétant dans un milieu sucré, était de race pure, c'est-à-dire représentait une colonie de cellules, née d'une cellule unique. Mais ce n'est pas avec cette homogénéité que se présentent les cellules qui président soit à la fabrication du vin, soit à la fabrication de l'alcool, soit même souvent à la fabrication de la bière. On n'introduit pas dans la vendange des levûres cultivées, et ce sont les organismes déposés sur la grappe qui entrent en évolution, les plus nombreux et les plus vigoureux prenant le pas sur les plus faibles. Le procédé qui consiste à ajouter au raisin une levûre déterminée pour communiquer au vin un goût et un arôme rappelant le goût et l'arôme du vin dont elle provient, n'est pas encore, malgré les travaux de MM. Rommier, Martinand et Rietch, Marx, Jacquemin, etc..., passé dans la pratique industrielle. C'est dans la brasserie que l'on se rapproche le plus des conditions énoncées plus haut, puisque l'on ensemence dans la cuve soit un levain purifié des ferments de maladie, soit même un levain provenant de la reproduction d'une seule cellule. Enfin c'est avec une pureté extrêmement variable que l'on voit se présenter les levains de distillerie; suivant l'importance plus ou moins grande de la distillerie, suivant le soin plus ou moins attentif que l'industriel apporte à sa fabrication, on voit les levains contaminés à différents degrés par les organismes étrangers.

A côté des *Saccharomyces* (*Cerevisiæ*, *ellipsoïdeus*, *Pastorianus*, *exiguus*, *conglomeratus*, *minor Engel*, *Marxianus*, *levûre de Roux*, *levûre caséeuse*, etc.), se rencontrent des organismes possédant la fonction alcoolique également, étrangers cependant à la classe des *Saccharomyces*, en ce sens qu'ils sont incapables de former des endospores (*Sacch. exiguus*, *Torula*, levûre de Duclaux, *Mucor circinnelloïdes*, etc.); se rencontrent également des bactéries (ferment lactique, butyrique, bactérie de la fermentation visqueuse, etc.), des mycodermes (*Mycoderma Vini*, *Bacterium Aceti*, *Bacterium Pastorianum*); se rencontrent enfin des moisissures (*Botrytis cinerea*, *Penicillum glaucum*, *Eurotium*, *Dematium pullulans*, *Mucor*

1. *Annales de l'Institut Pasteur*, 1891, 113.
2. *Bulletin Soc. chim.*, 1890, p. 471.

racemosus, *Mucor Mucedo*). Tous les *Saccharomyces*, dont les actions sont parallèles pendant la fermentation, vont-ils donner les mêmes produits? Tous les organismes de maladie, *Torula*, bactéries, mycodermes, moisissures, ne vont-ils pas, au cours d'une fermentation industrielle, superposer leur action? C'est dans cet ordre d'idées que nous avons entrepris une expérience[1] qui a consisté à rechercher si, au cours d'une opération industrielle, le moût contenait, par rapport à l'alcool formé, moins d'alcools supérieurs au commencement qu'à la fin de la fermentation. Si les alcools supérieurs sont les produits de la vie d'êtres microscopiques étrangers à la levûre proprement dite, au *Saccharomyces* prédominant, la proportion des alcools supérieurs doit augmenter au moment où la fermentation touche à sa fin, c'est-à-dire au moment où la levûre a terminé son œuvre et où les organismes étrangers dont la vie a été, au début, étouffée, reprennent leur activité.

C'est, en effet, à cette conclusion qu'a abouti le dosage des alcools supérieurs dans des fractions de moût prélevés à la cuve à différents moments de la fermentation. Si, après avoir fait ce dosage, on rapporte la quantité d'alcools supérieurs, formés à chaque période, à l'alcool brut produit pendant le même temps, on obtient les chiffres suivants :

	Alcools supérieurs % de l'alcool formé
I. — Pendant les 14 premières heures	0,36
II. — Entre la 14e et la 20e heure	0,54
III. — Entre la 20e et la 38e heure (fermentation terminée)	0,88
IV. — 24 heures après la fermentation terminée	14,07

C'est à une conclusion identique que nous a conduit encore le dosage des alcools supérieurs dans des moûts dont la fermentation avait eu lieu dans des conditions différentes d'activité[2]. Chaque fois que la fermentation a été spécialement active, dans le cas, par exemple, où l'on a ensemencé la cuve avec une grande quantité de levûre, dans le cas où l'on a ajouté au moût de la drèche (drèche, qui, d'après M. Delbruck, produit une aération continuelle de la levûre, en ramenant celle-ci sans cesse à la surface de la cuve), on a vu la teneur normale en alcools supérieurs diminuer dans une notable proportion. Or, cette activité communiquée artificiellement au moût qui fermente, correspond à un développement plus énergique de la levûre vraie, et à un dépérissement des organismes étrangers :

	Alcools supérieurs formés par litre d'alcool
Fermentation de moût clair avec quantité suffisante de levûre	5,29
Fermentation de moût clair avec quantité exagérée de levûre	3,96
Fermentation de moût clair additionnée de drèche, avec quantité suffisante de levûre	4,70

[1] C. R. CXII p. 120. — [2] C.R. CXII. p. 663.

Ces organismes étrangers, peut-être même ces levûres étrangères au *Saccharomyces* prédominant qui sécrètent la grande quantité d'alcools supérieurs que l'on trouve dans les moûts fermentés, sont encore à découvrir. La question a déjà fait un grand pas ; M. Perdrix[1] a en effet décrit récemment une bactérie (le bacille amylozyme) qui a la propriété singulière d'attaquer l'amidon et de produire aux dépens de celui-ci une quantité d'alcool amylique qui représente 50 % environ du produit décomposé.

La présence des organismes étrangers dans les moûts n'influe pas seulement sur la production des alcools supérieurs : elle influe également sur la production des bases dont nous avons parlé plus haut.

Quand on recherche ces bases dans les produits alcooliques commerciaux, comme nous l'avons fait il y a quelques années[2], on remarque que ceux qui en renferment le plus, sont d'abord les flegmes de mélasses; or, les mélasses sont peuplées, au moment où elles arrivent à la distillerie, de colonies nombreuses de bactéries; viennent ensuite les eaux-de-vie de vin, de cidre, de marcs, dont l'alcool a été produit en présence de tous les organismes déposés primitivement sur la grappe. Les flegmes de betteraves, obtenus dans les distilleries agricoles au moyen de levains très impurs, en contiennent encore; les flegmes de grains, à la production desquels est intervenue une levûre cultivée et soignée, n'en renferment que des quantités insignifiantes; on se trouve donc autorisé à conclure que là encore, comme dans le cas des alcools supérieurs, la majeure partie des bases a été fournie par les organismes étrangers à la levûre.

IV

Les divers composés, que l'on rencontre dans les produits alcooliques industriels, sont dus, comme nous l'avons indiqué, soit à la fonction vitale de la levûre, soit à l'action décomposante qu'elle exerce sur le sucre, soit enfin au développement d'organismes étrangers. Il est encore d'autres composés comme le furfurol, que l'on a fait figurer à tort dans les produits de la vie de la levûre. Nous avons fait voir que ce furfurol[3], dont on constate la présence dans les eaux-de-vie, dans les alcools de grains travaillés à l'acide, dans les flegmes de mélasses, obtenus en présence du grain, a pour origine soit la torréfaction des matières organiques au cours de la distillation, soit l'action spéciale des acides minéraux sur l'enveloppe des grains au cours de la saccharification. Les flegmes de grain saccharifiés à la diastase, les flegmes de

[1] *Annales de l'Institut Pasteur* 1891, p. 286.
[2] C. R. CVI, p. 421.
[3] C. R. CXI, p. 236

betteraves, de pommes de terre, distillés à la vapeur, ne contiennent pas de furfurol. Le furfurol doit donc être rayé des produits de la fermentation alcoolique.

V

Nous venons de voir quelle était l'origine probable des produits secondaires (et sous ce nom nous désignons tous les produits formés en petite quantité à côté de l'alcoól et de l'acide carbonique). Une double question industrielle se trouve dès lors être la conséquence de ce que nous venons d'exposer. Peut-on éviter la formation de ces produits secondaires? Y a-t-il intérêt à l'éviter?

A la première question nous répondrons qu'en donnant à la fermentation toute son activité, en ensemençant les moûts avec des levains purs ou des levains protégés contre le développement des ferments étrangers par l'addition de sous-nitrate de bismuth (M. Gayon), d'acide fluorhydrique (M. Effront), on peut diminuer sensiblement la proportion des alcools supérieurs, des bases, peut-être aussi celle d'autres impuretés; mais on ne saurait, en aucun cas, en éviter la formation, car, même en admettant l'exactitude de l'équation de Gay-Lussac en ce qui touche la décomposition du sucre par la levûre, tant que celle-ci est à sa première période, et n'est pas encore obligée de consommer ses réserves, on ne peut éviter que la levûre ne vive et ne se reproduise, éviter qu'elle n'accomplisse sa période d'autophagie, et ne sécrète par conséquent les produits nécessaires, qui résultent de l'accomplissement de ses actes biologiques.

La seconde question sollicite une réponse, qui ne peut être d'un ordre aussi général que la première ; car la fermentation est l'opération capitale de plusieurs industries et chacune de ces industries possède des intérêts différents.

Il va sans dire que l'industrie de la distillerie, qui se propose de fabriquer au moyen des betteraves, des pommes de terre, des mélasses, des grains, un alcool absolument pur, neutre au goût et à l'odorat, doit se mettre dans les meilleures conditions pour éviter la formation des aldéhydes, des alcools supérieurs, etc. Moins le flegme, c'est-à-dire l'alcool brut provenant de la première distillation, contient d'impuretés, moins la perte est grande à la rectification. Le levain devra être aussi pur que possible, et la cuve, aussitôt après la fermentation terminée, devra,si l'on veut arrêter la production des alcools supérieurs, être passée à la colonne distillatoire.

Le brasseur est obligé de faire usage également de levains très purs, et cela pour éviter non pas les produits secondaires, mais la présence dans ces levains d'organismes de maladie, qui viendraient, une fois la fermentation achevée, troubler la bière, la rendre amère, acide, filante, etc...

Les mêmes précautions ne sauraient être prises quand on se propose de fabriquer du vin, du cidre, des eaux-de-vie. Les raisins sont foulés, les pommes sont écrasées, et le jus entre en fermentation sous l'action des organismes dont la grappe était recouverte. De nombreux composés se forment, de l'aldéhyde, des éthers, etc., qui tous viennent donner au liquide alcoolique un bouquet déterminé. Le vin et le cidre subissent la fermentation complémentaire, et, pendant cette fermentation secondaire, des alcools supérieurs se produisent. L'alcool amylique, par exemple, qui, à l'état isolé, possède une odeur désagréable, peut, dilué convenablement dans l'alcool, communiquer à celui-ci un arôme qui n'est pas à repousser. Pendant cette fermentation complémentaire les alcools s'éthérifient et l'on sait que les éthers amyliques sont très parfumés. Ces bouquets se retrouvent alors dans l'alcool distillé, et les eaux-de-vie de vins, de cidres, possèdent un arôme dont il est superflu de faire l'éloge.

Les eaux-de-vie de marc, dont le goût est recherché par un certain nombre de consommateurs, renferment une forte proportion d'alcool amylique, dont l'origine est certainement due à ce que les marcs de la vendange ont séjourné longtemps au contact de l'air avant d'être distillés, et à ce que les ferments étrangers, producteurs d'alcool amylique, ont eu le temps de se développer. Dans ce cas encore comme dans le cas de la fabrication du vin, du cidre et des eaux-de-vie correspondantes, il faut favoriser la formation des produits secondaires de la fermentation alcoolique, puisque ce sont eux qui donnent à ces liquides leur cachet particulier.

Les hygiénistes se sont préoccupés, dans ces dernières années, de la présence, dans les liqueurs fermentées, de ces produits secondaires, et ils ont attribué à leurs propriétés nocives les nombreux cas d'alcoolisme que les médecins constatent chaque jour. Mais il est facile, en s'appuyant sur la discussion qui précède, de démontrer que les alcools consommés aujourd'hui, et qui sont des alcools d'industrie transformés artificiellement en eaux-de-vie, contiennent beaucoup moins d'impuretés toxiques que les eaux-de-vie naturelles dont on faisait usage autrefois. C'est à une autre cause, qui échappe entièrement à la discussion scientifique, c'est à l'accroissement de la consommation de l'alcool qu'il faut attribuer l'accroissement de l'alcoolisme.

L. Lindet,
Professeur à l'Institut national agronomique.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques.

Madamet (A.), *Directeur de l'Ecole d'application du Génie Maritime.* — **Résistance des Matériaux,** *un volume in-4° de 486 pages et 326 figures dans le texte.* (20 *fr.*) *E. Bernard et Cie, éditeurs,* 53 *ter, quai des Grands-Augustins, Paris,* 1891.

Le nom de M. Madamet est bien connu de tous les mécaniciens; il est un des rares savants qui font, en France, de la Mécanique appliquée; à la fois professeur et ingénieur, il joint aux connaissances mathématiques du théoricien, une expérience consommée des choses de la pratique; les divers ouvrages qu'il a publiés présentent ce caractère très net d'être écrits par un ingénieur pour des ingénieurs.

C'est ce qui a déterminé le succès de ses volumes précédents et, en particulier, de celui qu'il a fait paraître sur la Thermodynamique; c'est ce qui fera, nous n'en doutons pas, le succès de son nouvel ouvrage sur la Résistance des matériaux.

Cette science de la résistance des matériaux, si importante par ses applications, ne peut s'appuyer que sur l'expérience et ne saurait, quoi qu'on en ait dit, trouver une base suffisante dans des théories mathématiques pures. Très voisine, par la nature des problèmes qu'elle traite, de l'Elasticité, elle en diffère complètement par le but qu'elle vise; celle-ci est une science abstraite, à déductions rigoureuses, utilisant toutes les ressources de l'Analyse et qui, après avoir accepté l'hypothèse fondamentale de la proportionnalité des forces moléculaires aux déformations correspondantes, ne se départ plus, pour les quelques problèmes qu'elle peut aborder, de la plus entière rigueur; celle-là, au contraire, n'a aucun souci des solutions tout à fait exactes et ne cherche, ce qui est fort différent, que des solutions suffisamment approchées. Bien assurée d'avance que les formules rigoureuses sont impossibles à obtenir, convaincue d'ailleurs que si on y arrivait, elles seraient inapplicables par leur complication même, elle se résigne à n'avoir que des formules approximatives et leur demande simplement de ne pas trop s'écarter des résultats.

On peut aisément, par un mot, caractériser cette différence de but entre l'Elasticité et la Résistance des matériaux : la première est une science de Savants et la seconde, une science d'Ingénieurs. La Résistance, d'ailleurs, a, sur certains points, un champ plus vaste que celui de l'Elasticité : l'étude des modes de rupture des divers corps, la manière dont ces corps se comportent lorsque la limite d'élasticité a été dépassée, sont autant de questions capitales dans la pratique, dont l'Ingénieur ne saurait se désintéresser et sur lesquelles la théorie ne peut fournir encore aucune lumière.

C'est ce qu'a bien compris M. Madamet; préoccupé avant tout d'indiquer aux constructeurs des règles simples et sûres, leur évitant tout mécompte dans les applications, il a pris tout d'abord pour premières bases de son Traité un certain nombre de faits dus à l'expérience; il s'est attaché ensuite à donner une analyse aussi complète que possible des phénomènes étudiés, de manière à déterminer le sens précis des formules obtenues, à connaître leur degré d'exactitude, à fixer les limites dans lesquelles elles sont applicables et à mettre ainsi le lecteur en garde contre les conclusions exagérées qu'on pourrait en tirer.

Tout en donnant de la sorte à son ouvrage un caractère pratique, qui en constitue le grand mérite et le haut intérêt, M. Madamet ne s'est pas privé toutefois des enseignements que pouvait lui fournir la théorie mathématique de l'Elasticité et, sans entrer dans des développements analytiques que ne comporte pas un Traité destiné à des praticiens, il a su mettre à profit les savants travaux de Navier, de de Saint-Venant et de Clebsch pour la résistance des plaques et la torsion des prismes.

Dans le même ordre d'idées il a eu soin de prendre pour base de la théorie de la résistance composée, c'est-à-dire de la résistance des pièces soumises à plusieurs genres d'efforts, la considération des écartements moléculaires, qui en est jusqu'ici le fondement le plus certain.

Nous ne saurions trop recommander cet ouvrage à tous ceux qui ont à mettre en œuvre des matériaux; comme esprit, comme méthode, comme exposition, il est remarquable; très sobre de détails et cependant très complet, il nous paraît à tous égards digne de la signature qu'il porte; c'est le plus bel éloge que nous en puissions faire.

H. Léauté
de l'Académie des Sciences.

Brillouin (Marcel). — **Recherches récentes sur diverses questions d'Hydrodynamique.** *Première partie : Tourbillons* (2 *fr.* 50). *Gauthier-Villars et fils,* 55, *quai des Grands-Augustins, Paris,* 1891.

La première partie de cet ouvrage a seule paru. Elle est relative aux tourbillons et a été déjà publiée dans les *Annales de la Faculté des Sciences* de Toulouse. M. Brillouin fait un exposé très serré et très clair des travaux de Stokes, Helmholtz, Thomson, Kirchoff, Maxwell, etc. sur le mouvement tourbillonnaire (*vortex motion*) dans les fluides parfaits, puis des expériences effectuées sur le même sujet, notamment par J.-J. Thomson et Nerval. Il est difficile de faire une analyse sommaire de cette première partie de l'ouvrage de M. Brillouin qui est elle-même un résumé fort concis de mémoires nombreux et étendus. Il faut signaler, comme partie originale, le chapitre qui termine le volume : la célèbre théorie des atomes-tourbillons, de sir W. Thomson, y est exposée et discutée avec la clarté et l'originalité de vues que les lecteurs de la *Revue* ont déjà pu apprécier dans les articles de M. Brillouin.

G. Charpy.

Legros (Le Commandant). — **Élements de photogrammétrie. Application élémentaire de la photographie à l'architecture, à la topographie, aux observations scientifiques et aux opérations militaires** (5 *fr.*). *Société d'Editions scientifiques,* 4, *rue Antoine-Dubois, Paris,* 1891.

C'est dans une très bonne pensée que ce livre a été écrit sous une forme peut-être un peu sévère pour arriver à tous les amateurs de vues photographiques; mais cette apparence didactique ne fait que recouvrir un solide traité de perspective à l'usage de ceux qui font du paysage et qui manquent souvent des notions les plus élémentaires sur ce sujet important. C'est même ce qui fait que, pour bien des gens, la photographie n'est qu'un procédé, tandis que, rationnellement conduite, elle peut être et est certainement un art.

Le livre du Commandant Legros est fait pour la pousser dans cette voie en indiquant une de ses plus solides pierres de fondation.

L'auteur ne mérite que des félicitations ; mais les éditeurs doivent se pénétrer de l'idée que la lecture des ouvrages photographiques ne peut que gagner à être aidée par de beaux caractères et des figures bien faites ; il sera facile de remédier, dans une édition nouvelle, à ces petits défauts de la première.

Alphonse Berget.

2° Sciences physiques.

Dwelshauvers-Dery (F.-V.) **Grundlage einer neuen Methode der Schallstärkemessung** (*Fondements d'une nouvelle méthode pour la mesure de l'intensité du son*). *Thèse de l'Université de Leipzig. C. Wild, Leipzig et Baden-Baden*, 1891.

Deux méthodes ont été proposées jusqu'ici pour la mesure des oscillations de l'air; la plus immédiate consiste à enregistrer le mouvement transmis à une membrane; la seconde est fondée sur une action observée d'abord par Lord Rayleigh, et qui consiste en ce qu'un disque suspendu dans un ventre d'oscillation tend à se placer perpendiculairement à la direction de la propagation. Cette action, qui serait inexplicable si l'on admettait que tous les éléments du disque sont frappés également par les molécules de l'air, est due en entier à des déviations des filets au voisinage du disque, autrement dit à des remous. On conçoit que ce phénomène est presque inaccessible à l'analyse, et que le premier pas doit consister à examiner par l'expérience ce qui se passe dans le cas, plus simple, d'un courant d'air; ici, l'action est encore complexe, mais elle atteint un régime qui n'a pas le temps de s'établir dans le cas d'oscillations acoustiques.

M. Dwelshauvers-Dery, partant d'une équation démontrée par Thomson et Tait, est conduit, pour le cas d'un disque frappé à 45° par un fluide animé d'une vitesse constante, à l'expression suivante de l'angle de déviation :

$$\varphi = \frac{4}{3} \mu \frac{a^3}{R} w^2$$

μ représente la densité du fluide, w sa vitesse, a le diamètre du disque, R le moment qui cherche à ramener le disque à sa position d'équilibre, c'est-à-dire à 45° de la direction du courant.

Dans un tube de 44 mm. de diamètre, on suspend un disque amené à 45° de l'axe, au moyen d'un aimant faisant partie de l'équipage; puis on fait passer un courant d'air dont la vitesse moyenne se calcule par l'évacuation d'un gazomètre; cette vitesse est supposée constante dans toute la largeur du tube; les déviations sont lues par la méthode de Poggendorff.

Les vitesses employées variaient entre 0,445 et 3,560 cm par s; les diamètres des divers disques, étaient de 1,42 1,68 2,08 cm.

Les résultats des expériences faites sur l'air sont les suivants : les déviations observées sont plus fortes que les déviations calculées par la formule, et la loi empirique relative aux vitesses donne un accroissement d'action plus faible que celui du carré; la loi des diamètres est assez bien vérifiée.

Des expériences comparatives faites avec un courant d'eau fournissent des déviations beaucoup plus faibles que la formule n'indiquerait; la loi du carré donne aussi des résultats croissant beaucoup trop rapidement (au moins entre 0,1 et 1,0 cm par s), et la relation entre le diamètre et l'action indique une proportion moindre que celle du cube.

Ces expériences, intéressantes à plus d'un point de vue, montrent la complexité du phénomène et la nécessité de rechercher les relations empiriques soit dans le cas d'une surface exposée à un courant d'air, soit pour la mesure des ondes sonores.

Ch.-Ed. Guillaume.

Duclaux (E.), *de l'Institut.* — **Cours de Physique et de Météorologie, professé à l'Institut agronomique.** *Un volume in-8° de 500 pages avec 175 figures. (7 fr.) — A. Hermann, 8, rue de la Sorbonne. Paris*, 1891.

Autrefois on avait coutume de faire suivre les traités de Physique d'un court chapitre consacré à la Météorologie. Cette dernière science a pris, depuis vingt ans, un tel développement qu'il devient impossible d'en indiquer en appendice même les premiers rudiments. Ses procédés exigent aussi qu'on la traite à part, car, s'il faut voir, avec M. Duclaux, dans la Météorologie une application de la Physique, c'est à la condition de ne point comprendre cette application dans le sens d'une simple déduction : on ne construit pas la Météorologie avec des données uniquement tirées de l'Hygrométrie, de la Thermodynamique, de l'Electricité, etc. : pour l'édifier, l'observation positive des phénomènes naturels est d'abord nécessaire ; c'est seulement après avoir établi les faits, qu'il convient d'en chercher l'explication dans la Mécanique générale et la Physique.

Les lois de cette dernière science devant être constamment présentes à l'esprit du météorologiste, c'est à elles que M. Duclaux a consacré la première partie de son livre. Cette partie est de beaucoup la plus courte, le but de l'auteur étant, non d'écrire un traité de Physique pénétré des vues nouvelles qui se font jour dans la science, mais d'enseigner à de futurs agriculteurs, plus préoccupés de pratique que de théorie, les principes fondamentaux, éprouvés et indiscutés, le minimum de faits physiques, requis pour aborder les études météorologiques. Le caractère volontairement élémentaire de cette exposition ne l'a pas empêchée d'être magistrale : on n'y trouvera ni longs calculs, ni formules compliquées, mais, sous une forme lumineuse, les idées que les formules expriment.

L'actinométrie et l'hygrométrie, quelques phénomènes astronomiques aussi, ont été, en raison de leur importance pour la physique du globe, l'objet de développements particuliers.

La partie météorologique comprend notamment la circulation générale de l'air et des eaux, les lois des tempêtes, la distribution de l'humidité dans l'atmosphère, celle des pluies et de la température à la surface de la Terre. M. Duclaux s'est efforcé de ramener tous ces phénomènes à une cause unique : l'inégal échauffement de régions voisines. « L'inégalité, dit-il, est introduite, sur terre, par la distribution des continents et des mers, et, dans l'atmosphère, par les inégalités dans la proportion et la distribution de la vapeur d'eau. »

En attendant qu'une multitude d'observations sur toute la surface du globe permettent de rattacher effectivement à cette explication générale l'interprétation de tous les phénomènes météorologiques, M. Duclaux a pris soin de décrire les plus importants, insistant sur les circonstances les mieux connues de leur production. Les phénomènes électriques, encore peu débrouillés et, à l'heure actuelle, dépourvus d'application agricole, ont été passés sous silence. Peut-être, cependant, eût-il été intéressant de discuter la question soulevée par des expériences célèbres de M. Berthelot au sujet de la fixation directe de l'azote atmosphérique par les plantes sous l'influence de faibles différences de potentiel. Mais M. Duclaux ne s'est pas proposé de traiter tous les problèmes qui se posent en Météorologie : il a voulu apprendre à ses élèves, parmi les faits dominants de la science, ceux dont la connaissance leur sera pratiquement le plus utile ; il a surtout appelé leur attention sur ce grand œuvre de la météorologie, — chimère d'aujourd'hui, vérité de demain, — qu'on appelle la prévision du temps. Le peu que l'on sait, — ou plutôt l'ensemble des documents déjà assez nombreux, mais encore incohérents que l'on possède à ce sujet, — est décrit dans son livre avec une verve entraînante. Ce n'est pas que l'auteur dissimule les difficultés, les lacunes, actuellement énormes de la science. « J'ai essayé partout d'être clair, déclare-t-il dans sa préface, mais je ne veux pas dire que j'ai partout vu clair. »

Un grand nombre de cartes d'isobares et d'isothermes, choisis comme types, ajoutent à l'intérêt de cet attrayant ouvrage de science vulgarisée, mais non vulgaire.

L. O.

Lévy (Lucien). — **Contribution à l'étude du titane.** *Thèse pour le doctorat présentée à la Faculté des Sciences de Paris. Gauthier-Villars et fils*, 55, *quai des Grands-Augustins, Paris*. 1891.

Malgré les nombreuses recherches effectuées sur le titane, depuis que Sainte-Claire Deville et Wöhler ont isolé cet élément, un certain nombre de ses propriétés ne sont pas suffisamment connues. Le travail de M. Lévy vient combler dans l'histoire de ce corps, d'importantes lacunes :

1° *Recherches sur le titane cristallisé*. Le titane cristallisé, que l'on n'avait pas encore obtenu, a été produit par M. Lévy dans l'action du chlorure de titane sur le titane, le magnésium, l'étain et le silicium. Ce dernier corps donne les meilleurs résultats et conduit néanmoins à des rendements très faibles.

L'action dissolvante de l'aluminium en fusion sur le titane amorphe a donné naissance à un alliage défini de titane et d'aluminium.

2° *Composés dérivés de l'acide titanique.* Dans cette deuxième partie, M. Lévy reprend l'étude du peroxyde de titane obtenu par l'action de l'eau oxygénée sur la solution sulfurique d'oxyde de titane, sur lequel on avait des renseignements contradictoires. Il établit que le composé est très instable et se décompose facilement pendant le lavage; l'action de l'eau oxygénée est lente, de sorte que le précipité obtenu au bout d'un temps insuffisant est un mélange d'oxyde pertitanique et d'acide titanique; enfin cet oxyde pertitanique ne posséderait pas la fonction acide. M. Lévy indique ensuite des procédés de préparation de plusieurs titanates métalliques.

3° *Composés dérivés du chlorure de titane*. Une série de composés de l'acide titanique avec les phénols sont obtenus par l'action du chlorure de titane sur ces phénols. L'action du chlorure de titane sur l'acide phénylsulfureux donne le sulfoconjugué du titanate de phénol.

4° *Etude du titane au point de vue analytique*. Les composés de l'acide titanique avec les phénols sont fortement colorés. On obtient également des colorations très nettes par l'action de l'acide titanique sur certains alcaloïdes; ces réactions colorées peuvent servir à caractériser le titane et à le distinguer en particulier du niobium.

Enfin M. Lévy étudie les différents modes de dosage du titane et l'influence qu'exerce la présence de corps étrangers.

G. Charpy.

3° Sciences naturelles.

Hegler (Robert). — **Histochemische Untersuchungen verholzter Membranen.** (*Recherches histochimiques sur les membranes lignifiées*); *avec une planche, Flora*, 1891; *Heft* 1.

Parmi les réactifs employés en histologie pour mettre en évidence la présence de la lignine dans la membrane cellulaire, on peut citer la solution chlorhydrique de phloroglucine, la résorcine, etc., dont l'action se traduit par diverses colorations.

L'auteur introduit dans la technique des tissus lignifiés deux nouveaux réactifs très sensibles, savoir, la *thalline* (tétrahydro-p-chinanisol) et le *toluilène-diamine*.

1. — La *thalline* est employée sous la forme de sulfate, en dissolution concentrée hydro-alcoolique. Les coupes soumises à l'observation sont d'abord plongées dans l'alcool, puis amenées au contact du réactif : plus l'action se prolonge, plus la coloration orange-foncé des membranes lignifiées est belle ; les membranes cellulosiques ou subérifiées ne se colorent d'aucune manière.

Divers auteurs ont montré que les menbranes lignifiées sont constamment pourvues de coniférine, glucoside qui donne facilement, comme l'on sait, de la vaniline. Partant de là, M. Hegler a éprouvé directement son réactif, en opérant soit sur du coton imprégné d'une solution de coniférine ou de vaniline, soit sur ces solutions elles-mêmes. Lorsqu'on mélange une solution alcoolique de vaniline à une solution de sulfate de thalline, en ajoutant un peu de chloroforme, on obtient, après évaporation de ce dernier liquide, un corps oléagineux orangé qui abandonne plus tard des lamelles cristallines. En faisant le même essai avec une solution de coniférine, il ne se produit aucune réaction colorée.

2. — Le *toluilène-diamine* s'emploie en solution aqueuse concentrée, additionnée d'une petite quantité d'acide chlorhydrique. Au contact de ce réactif les membranes lignifiées se colorent en orange-foncé, et cette teinte est beaucoup plus nette et plus stable que celle donnée par l'aniline et la naphtylamine. La réaction se produit même au début de la lignification; elle a lieu aussi bien en présence de la vaniline que de la coniférine.

3. — L'auteur a appliqué ces deux réactifs à un grand nombre de plantes, en comparant les résultats obtenus à ceux que donne la solution de phloroglucine dans l'acide chlorhydrique; cette dernière agit, comme le toluilène-diamine, à la fois sur la coniférine et sur la vaniline.

Les différences observées avec chacun de ces réactifs tiennent à ce que les membranes faiblement lignifiées renferment beaucoup de coniférine et peu de vaniline, tandis que les membranes fortement lignifiées sont abondamment pourvues de ce dernier principe.

4. — Passant ensuite à l'étude de l'origine physiologique de la vaniline dans les membranes lignifiées, l'auteur rappelle que Thiemann a déjà montré que les diastases, par exemple l'émulsine, hydratent la coniférine à environ 30 degrés et la dédoublent en glucose et alcool coniférylique; qu'ensuite cet alcool donne naissance par oxydation à la vaniline. M. Hegler a repris cette question. Une solution aqueuse de coniférine à 0,51 °/₀, additionnée d'émulsine et de deux centièmes de chloroforme, est exposée à la température de 40°. Le chloroforme empêche le développement des ferments organisés, mais n'agit nullement sur la diastase. Or la réaction précédemment indiquée se produit très nettement. Il en est de même avec la levure de bière.

On peut ainsi admettre que la vaniline des membranes lignifiées âgées procède d'un dédoublement de la coniférine, dédoublement qui lui-même résulte d'une action diastasique, d'origine protoplasmique.

Un argument, en faveur de cette manière de voir, tiré de la structure anatomique, résulte de ce que dans le bois d'une tige la réaction de la coniférine diminue à mesure que l'on s'approche de la moelle, tandis que celle de la vaniline s'accuse de mieux en mieux; or c'est le bois le plus jeune qui occupe la périphérie du corps ligneux.

5. — On peut encore employer avantageusement pour ces recherches histochimiques la solution hydro-alcoolique de thymol additionné de sulfate de thalline. Dans le *Nerium oleander* par exemple, cette solution colore en bleu verdâtre le bois jeune dépourvu de vaniline, mais riche en coniférine; en vert foncé, puis en vert pur le bois de parties plus âgées dont les membranes sont imprégnées de vaniline. Du reste, dans une seule et même coupe ces différences se trouvent mises en évidence pour le bois externe et pour le bois interne.

Er. Belzung.

Simon (Eugène). — **Observations biologiques sur les Arachnides** (*Voyage de M. E. Simon au Venezuela — décembre* 1887-*avril* 1888.) — 11[e] *Mémoire des Annales de la Société entomologique de France, Paris*, 1891.

Les *Annales de la Société entomologique de France* s'adressant à un public très spécial, on nous saura gré de signaler ici les *Observations biologiques sur les Arachnides* que M. E. Simon vient d'y insérer. L'auteur les a prises sur le vif au cours d'un voyage au Venezuela (décembre 1887-avril 1888), pendant lequel il a d'ailleurs

recueilli des collections zoologiques fort intéressantes[1].

Les Araignées étudiées par M. Simon sont *sociables*. Le fait est d'autant plus remarquable que, suivant l'expression même de l'auteur : « L'Araignée est le type de l'animal solitaire, jaloux de profiter seul de son travail ; quand deux individus d'une même espèce viennent à se rencontrer, il en résulte généralement un combat qui finit par la mort de l'un des adversaires et l on sait que, dans certains genres, le mâle n'échappe pas toujours à la voracité de la femelle, quand il s'en approche pour l'accouplement. »

« Il y a cependant des degrés dans cette sauvagerie ; à l'approche de l'hiver, un grand nombre de Clubiones établissent leurs coques sous la même écorce ; certains Attides, comme les *Heliophanus*, les *Evophrys*, les *Icius*, placent souvent la leur côte à côte, sous la même pierre, etc... Mais ces rapprochements fortuits, indices d'un caractère moins féroce de certaines espèces, ne peuvent passer pour de véritables associations. » Celles-ci n'avaient été signalées que dans les régions tropicales de l'Amérique du Sud ; encore avaient-elles été révoquées en doute.

M. Simon a observé au Venezuela divers cas de sociabilité chez des espèces se rapportant à plusieurs familles. Cette sociabilité présente différents degrés : elle est tantôt temporaire et limitée à l'époque de la reproduction. Ce cas se présente chez l'*Epeira Bandelieri* E. Sim. Habituellement cette espèce « ne paraît pas différer par ses mœurs des Epeires ordinaires ; sa toile est normale et individuelle, mais au moment de la ponte, plusieurs femelles se réunissent pour construire en commun, dans un buisson, une grande coque de tissu jaunâtre et laineux, dans laquelle elles s'enferment pour pondre et fabriquer leurs cocons ». — « Nous avons ouvert, ajoute M. Simon, plusieurs de ces coques renfermant jusqu'à 10 cocons et 5 ou 6 femelles partageant les soins de la maternité. »

« La sociabilité est tout à fait complète chez *Anelosimus socialis* E. Sim., de la famille des *Theridiidæ* ; plusieurs centaines, souvent plusieurs milliers d'individus de cette espèce, se réunissent pour filer une toile légère et transparente, mais de tissu serré et analogue à celui des toiles d'Agelenes ; cette toile est de forme indéterminée ; elle atteint parfois de grandes dimensions et peut envelopper un Caféier tout entier. Au premier abord, cette immense toile rappelle plutôt le travail de chenilles sociables que celui d'une Araignée..... Les Araignées s'y promènent librement, se rencontrent en se palpant comme feraient des Fourmis avec leurs antennes et se mettent quelquefois à plusieurs pour dévorer une proie un peu volumineuse. »

« Le troisième type d'association que nous avons observé chez l'*Uloborus republicanus* E. Sim. est de beaucoup le plus parfait, car il offre sur la même toile un travail commun auquel contribuent tous les associés, en même temps qu'un travail individuel propre à chacun d'eux. — Plusieurs centaines d'*Uloborus* vivent ensemble ; ils filent entre les arbres une toile immense, formée d'un réseau central assez serré sur lequel se tiennent côte à côte beaucoup d'individus des deux sexes, mais principalement des mâles ; ce réseau est suspendu par de longs fils, divergeant dans toutes les directions et prenant attache sur les objets environnants. Dans les intervalles des mailles, formées par ces grands fils, d'autres *Uloborus* tissent des toiles orbiculaires, à rayons et à cercles, qui ne sont alors habitées que par un seul individu. On peut voir de temps en temps une Araignée se détacher du groupe central pour chercher dans les câbles supérieurs un endroit propice à la fabrication de sa toile orbiculaire ».

[1] L'étude de ces collections, réparties entre un grand nombre de spécialistes, a déjà donné lieu à la publication de plusieurs mémoires insérés dans les *Annales de la Société entomologique de France* (Insectes de divers ordres), et dans les *Mémoires de la Société zoologique de France* (Oiseaux et Mollusques).

« C'est dans le réseau central que doit avoir lieu l'accouplement, autant que nous avons pu en juger par la quantité de mâles qui y étaient réunis. C'est certainement là que s'effectue la ponte. — Celle-ci paraît être presque simultanée pour toutes les femelles d'une même colonie ; à ce moment, les mâles ont disparu, les femelles ont cessé de filer des toiles régulières ; elles se tiennent sur le réseau central, à quelques centimètres les unes des autres, gardant chacune son cocon dans une immobilité complète. — Le cocon est lui-même des plus singuliers et ressemble plus à un débris végétal accidentellement tombé, qu'au travail d'une Araignée. »

Nous ne saurions mieux faire que de renvoyer aux excellents dessins qui complètent fort heureusement les descriptions reproduites en partie ci-dessus. Le texte de M. Simon est en effet accompagné de 4 planches. — Ajoutons que les espèces qui ont fait l'objet de ses études, sont toutes inédites et que le genre *Anelosimus* est également nouveau. Mais la description de ces formes, toute soignée qu'elle puisse paraître, semblera de médiocre intérêt après la lecture des curieuses et suggestives observations qui précèdent.

JULES DE GUERNE.

4° Sciences médicales.

Féré (Dr Ch.). **Les Epilepsies et les Epileptiques**, *in-8° VII-636 pages, avec 2 planches hors texte.* (*Prix* : 20 *fr.*) *F. Alcan*, 108, *boulevard Saint-Germain. Paris*, 1891.

On ne saurait avoir la prétention d'analyser ici en détail le livre de M. Ch. Féré ; c'est en effet un traité complet de l'épilepsie : description clinique de la maladie, étiologie, anatomie et physiologie pathologiques, traitement, toutes les questions enfin qui se rapportent au sujet, sont passées en revue et traitées longuement. L'analyse physiologique et psychologique des phénomènes épileptiques ne tient cependant que la moindre place dans cet ouvrage ; c'est à la description de la maladie, à l'étude de ses causes et de son traitement que M. Féré s'est spécialement attaché. Le titre même du livre indique en quel esprit il est conçu et quelle est la doctrine de son auteur. « L'épilepsie, dit M. Féré, ne reconnaît pas pour cause une lésion spécifique précise ; il est bien établi, au contraire, que ses diverses manifestations se produisent en conséquence de lésions ou d'altérations fonctionnelles très diverses. L'épilepsie ne doit donc plus être considérée comme une maladie, mais comme un groupe de syndromes, les *épilepsies*, dans lesquelles il faut faire rentrer les *éclampsies*, qui sont en réalité des épilepsies aiguës, et l'épilepsie partielle, qui paraît destinée à éclairer la pathogénie des autres formes. » Ces syndromes peuvent être divisés en quatre groupes principaux : 1° moteurs, 2° sensoriels, 3° viscéraux, 4° psychiques. Ces syndromes ne sont pas d'ordinaire dissociés et se rencontrent de coutume simultanément ou successivement chez un même sujet ; ils peuvent se combiner de manières très différentes ; aussi, bien que les phénomènes épileptiques soient, à tout prendre, toujours les mêmes, y a-t-il en réalité autant d'épilepsies que de malades ou peu s'en faut. Les causes des accidents épileptiques sont extrêmement variées, mais ce ne sont en somme que des causes occasionnelles ; la cause véritable, c'est la prédisposition congénitale, la dégénérescence héréditaire. Plus cette prédisposition est intense, plus étroite est la place qu'il faut faire à l'action de la cause occasionnelle. Dans l'épilepsie dite essentielle, cette action est réduite au minimum, mais dans l'épilepsie partielle ou jacksonienne elle-même, le rôle de la lésion irritante ou de la tumeur est un rôle secondaire ; il n'y a pas de différence profonde entre l'épilepsie vulgaire et l'épilepsie partielle : les accidents convulsifs sont les mêmes dans les deux cas ; mais dans l'épilepsie essentielle ils semblent généralisés d'emblée ; ce n'est au reste qu'une apparence ; en réalité ils se généralisent très rapidement et se généralisent toujours, tandis que dans l'épilepsie jacksonienne, ils se généralisent lentement

et peuvent se limiter à un groupe de muscles. Dans les deux cas les troubles moteurs ou sensoriels sont d'abord localisés; cela est frappant dans les cas d'épilepsie générale où l'attaque est précédée d'une aura. Les accès incomplets ne diffèrent du grand accès classique, avec convulsions toniques, convulsions cloniques et période de stertor, que par l'intensité et l'extension des spasmes; ils peuvent être accompagnés et suivis de tous les phénomènes accessoires du grand accès. Les vertiges mêmes ne sont que des crises convulsives en abrégé. L'épilepsie aiguë (*état de mal*) et l'éclampsie ne diffèrent l'une de l'autre que par les causes occasionnelles qui en déterminent l'apparition; la description de l'attaque d'éclampsie puerpérale s'appliquerait exactement aux phénomènes que présente un épileptique en état de mal. Dans la plupart des cas, les attaques d'éclampsie apparaissent chez des sujets qui ont des antécédents névropathiques avérés, et très souvent lorsqu'à la suite d'une scarlatine ou d'une grossesse, il se développe des attaques éclamptiques; cette épilepsie aiguë passe ensuite à l'état chronique et se manifeste alors par des attaques isolées d'épilepsie vulgaire. M. Féré montre que c'est à tort que certains auteurs ont attribué récemment un rôle primordial aux maladies infectieuses dans l'étiologie de l'épilepsie; la condition première et presque suffisante, c'est toujours l'hérédité névropathique. M. Féré doute même que les excès d'absinthe puissent suffire à eux seuls à créer de toutes pièces l'épilepsie chez des sujets sains.

Cette conviction que les syndromes épileptiques ne peuvent se développer que chez les prédisposés, l'a amené à relever avec grand soin les stigmates physiques et psychiques de dégénérescence que l'on peut rencontrer chez les malades atteints du mal comitial. Ce qui établit un lien de plus entre les diverses formes d'épilepsie, c'est l'identité des phénomènes d'épuisement qui succèdent aux accès. M. Féré a étudié ces phénomènes consécutifs aux paroxysmes (paralysies, troubles sensoriels, troubles de la nutrition) avec une attention toute particulière. Les troubles de la nutrition, quelle qu'en soit la cause, favorisent le développement de l'épilepsie chez les prédisposés et d'autre part les attaques répétées épuisent les sujets et déterminent chez eux un ralentissement de la nutrition. Les épileptiques ont d'ordinaire en dehors des accès peu de vigueur musculaire et cette vigueur diminue encore, comme M. Féré l'a montré par des expériences dynamométriques précises, dans la période qui suit immédiatement les paroxysmes; il y a chez eux diminution de l'acuité visuelle, diminution de la sensibilité acoustique; leurs réactions volontaires sont plus lentes que celles des sujets normaux; souvent aussi ils présentent des troubles trophiques de la peau. Enfin on sait quelle atteinte profonde portent à l'intelligence des malades les paroxysmes épileptiques qui se produisent à court intervalle, et avec quelle rapidité ceux qui ont à les subir arrivent à la démence.

M. Féré se rallie à la théorie qui attribue à l'épilepsie une origine corticale; il donne un résumé rapide des recherches et des arguments des partisans de cette théorie (Hughlings Jackson, François-Franck, etc.) : « L'anatomie pathologique, dit-il, d'accord avec les recherches expérimentales, nous indique que c'est en général dans l'écorce cérébrale qu'il faut chercher la cause anatomique de l'épilepsie... Elle nous apprend aussi que, suivant le mode de début et suivant la prédominance ou la localisation des troubles périphériques, la localisation des lésions de l'écorce présente des variétés assez précises, au moins en ce qui concerne les troubles moteurs. » M. Féré attache une importance spéciale à une variété particulière de sclérose qu'il a été amené à étudier en détail; c'est une sclérose superficielle diffuse, qui est due à une prolifération de la névroglie. Il insiste à plusieurs reprises sur l'analogie qui existe à certains égards entre les lésions de la paralysie générale et celles de l'épilepsie, et surtout sur l'étroite ressemblance qui unit au point de vue des symptômes les deux maladies. Il a du reste une tendance à élargir le domaine de l'épilepsie : il y fait rentrer à peu près tous les phénomènes convulsifs; ce n'est qu'avec peine qu'il laisse en dehors les tics et même l'hystérie.

M. Féré a consacré six chapitres au traitement; il a spécialement insisté sur l'emploi des bromures et sur le traitement chirurgical en usage dans les cas d'épilepsie partielle; à ses yeux l'intervention chirurgicale est formellement indiquée toutes les fois qu'il y a eu un traumatisme; il donne avec quelques détails le manuel opératoire de la trépanation.

Dans le chapitre consacré à la médecine légale, M. Féré fait preuve d'une très grande réserve. Voici quelles sont ses conclusions : « Le médecin peut, après la constatation de quelques phénomènes somatiques, affirmer l'existence de l'épilepsie. Il doit être plus réservé lorsqu'il s'agit de troubles mentaux qui n'acquièrent de valeur que par leurs accompagnements somatiques. Quant aux accidents qui se sont produits hors de sa présence, il ne peut qu'en accepter la vraisemblance ou la possibilité. C'est au juge compétent qu'il appartient de faire l'application des constatations médicales au texte de la loi. Le médecin n'a pas à intervenir dans l'interprétation légale des faits : la question du libre arbitre et de la responsabilité morale lui échappe complètement. »

Il est inutile de faire l'éloge de ce livre considérable, le nom de M. Féré suffit à le recommander à tous les lecteurs.

L. MARILLIER.

Dmitri de Ott, *Professeur de gynécologie à Saint-Pétersbourg*. — **Sur quelques modifications du procédé opératoire de l'hystéro-myomectomie.** — *Annales de gynécologie, septembre* 1891. *p.* 161.

Pour éviter les deux grands accidents de l'hystérectomie abdomimale, la septicité et l'hémorrhagie, Ott (de Saint-Pétersbourg) commence par désinfecter la cavité viscérale par un curettage suivi d'une cautérisation au fer rouge. Après avoir lié et coupé les ligaments larges jusqu'au voisinage de l'utérus, il place sur celui-ci un lien élastique provisoire et l'ampute. Les ligatures définitives sont faites à la soie. Les fils, au nombre de 2 ou de 4, suivant le volume du moignon, sont passés avec une aiguille forte à travers le tissu utérin, cheminant à 1 centimètre de la surface de section et laissant béante la cavité viscérale. Par celle-ci on glisse une mèche iodoformée jusque dans le vagin de manière à drainer la surface du moignon si, par malheur, elle suintait, ce qui n'arrive guère lorsqu'on a eu la précaution de la toucher au fer rouge.

Dr Henri HARTMANN.

Würtz (Dr R.) et **Leudet** (Dr R.). — **Recherches sur l'action pathogène du bacille lactique.** — *Arch. de méd. exp. et d'anat. path.* t. III, *p.* 485, *Paris* 1891.

Würtz et Leudet se sont proposé de chercher si le bacille lactique, dont la diffusion dans l'atmosphère est extrême, ne possédait pas, outre sa propriété de former de l'acide lactique aux dépens du lait, une action pathogène chez les animaux et chez l'homme.

D'après leurs expériences, les cultures du bacille lactique possèdent une action pathogène chez le cobaye et le lapin. Si on le cultive dans le bouillon ou dans une solution de peptone, la culture présente une réaction alcaline. Elle contient, outre de l'ammoniaque, une toxine énergique dont les effets chez les animaux sont les mêmes que ceux que provoque l'inoculation de la culture vivante.

Il y aurait dès lors lieu de rechercher si une fermentation de cette nature, aboutissant à la production de cette toxine, ne s'effectue pas dans certaines maladies du tube digestif, dans la dilatation de l'estomac en particulier.

Dr Henri HARTMANN.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 19 octobre.

1° Sciences mathématiques. — M. **Elliot** : Sur la réduction à une forme canonique des équations aux dérivées partielles de premier ordre et du second degré. — M. **E. Cosserat** : Sur les systèmes cycliques et sur la déformation des surfaces. — MM. **Rambaud** et **Sy** : Observation de la comète Wolf faites à l'Observatoire d'Alger.

2° Sciences physiques. — M. **H. Becquerel** communique les observations de températures sous le sol qu'il a effectuées au Muséum d'Histoire naturelle, pendant l'hiver 1890-1891, au moyen des appareils thermo-électriques de son grand-père. La persistance de conditions climatériques identiques pendant plusieurs mois consécutifs a offert pendant cet hiver une occasion favorable pour l'étude de la conductibilité calorifique du sol. Les appareils donnaient la température à des profondeurs diverses d'une part sous un sol dénudé, d'autre part sous un sol gazonné. La comparaison des températures en ces deux points montre que le revêtement de gazon équivaut à peu près à une couche de terre de 50 centimètres. M. Becquerel compare la marche du refroidissement et du réchauffement à travers les couches de terre avec la théorie de Fourier sur la propagation de la chaleur dans la terre, les faits confirment cette théorie. — M. **G. Hinrichs** calcule la rotation magnétique du plan de la lumière polarisée, en partant de l'hypothèse d'une torsion imprimée par le champ magnétique au prisme que constitue la molécule de paraffine, d'alcool, d'aldéhyde etc. — M. **Berthelot** appelle l'attention de l'Académie sur les mémoires de M. **Carey Lea** relatifs aux états allotropiques de l'argent, et met sous les yeux des membres les échantillons couleur d'or et couleur de pourpre adressés par l'auteur. Il explique l'importance de ces résultats, qui rappellent les travaux des anciens alchimistes, tout en réservant la question de savoir si ces substances sont réellement des états isomériques de l'argent ou bien des composés complexes et condensés, participant des propriétés de l'élément qui en constitue la masse principale (97 à 98 centièmes) conformément aux faits connus dans l'histoire des divers charbons, des dérivés du phosphore rouge et surtout des différentes variétés de fer et d'acier. — M. **E. Boyer** a reconnu que si l'on fait agir simultanément, au rouge, sur un nitrate, l'oxalate de chaux et le soufre en présence de la chaux sodée, il y a réduction complète de l'azote nitrique en ammoniaque; il indique un nouveau procédé de dosage de l'azote nitrique et de l'azote total fondé sur cette réaction. — Dans leur communication du 6 avril dernier sur les dérivés nitrés de l'ortho-anisidine diméthylée, MM. Grimaux et Lefèvre décrivaient un dérivé trinitré de cette base, possédant un groupement CH^2AzO^2. M. **P. van Romburg**, en raison de ses recherches antérieures sur les amines aromatiques allylées en général, a pensé qu'il devait au contraire se produire la substitution du groupe *méthyl* par un groupe *nitro*; il a repris la question et présente diverses preuves que le corps de MM. Grimaux et Lefèvre serait en effet une *nitrosamine dinitrée de l'orthoanisidine monométhylée.*

3° Sciences naturelles. — M. **G. Daremberg** a étudié avec détail la propriété, que possède le sérum sanguin d'une espèce d'animal, de détruire les globules rouges du sang de tout animal d'une autre espèce; ce pouvoir *globulicide* est supprimé par le chauffage à plus de 50° — par une exposition prolongée à la lumière diffuse — par une tracé d'essence d'ail; diverses substances la modifient diversement; le blanc d'œuf n'a pas de propriétés globulicides; les noyaux des globules d'oiseau ou de grenouille résistent à cette action. — M. **C. Phisalix** a étudié les mouvements des chromatophores de la peau des céphalopodes; il a déterminé les centres et les voies d'innervation de ces organes; il considère le mécanisme de ces mouvements comme produit par une couronne de muscles radiaires, extenseurs, et non comme étant de nature amiboïde; en effet, la destruction du centre d'un chromatophore laisse subsister le mouvement, une incision circulaire périphérique le supprime. — M. **F.-P. Le Roux** expose, dans un extrait du mémoire qu'il présente, une théorie de la diathèse rhumatismale, à laquelle il reconnaît comme cause la production de glaires intestinales.

Mémoires présentés. M. **Parenty** : Etablissement des lois générales de l'écoulement et de la détente des gaz à travers les orifices de contractions et de conductibilités diverses, d'après les travaux de Hirn. — M. le Dr **Pigeon** adresse diverses notes relatives aux vaccinations et au mode de production des épidémies de choléra. — M. **E. Delaurier** adresse une note relative à son « Moulin universel ». — *Nouvelles :* M. **Tondini** informe l'Académie qu'un synode général des Arméniens catholiques a décidé l'adoption du calendrier grégorien à la place du calendrier julien.

Séance du 26 octobre.

1° Sciences physiques. — M. **H. Poincaré** examine les équations auxquelles doivent satisfaire, dans la théorie de Maxwell, les oscillations hertziennes; ces équations jouissent de propriétés qui peuvent dans certains cas faciliter le calcul de la période ; de plus, elles permettent d'étendre à un excitateur quelconque les résultats de Hertz relatifs à l'état du champ électromagnétique et à la radiation de l'énergie. — A propos de la communication de M. H. Gibault (12 octobre) sur la variation de la force électro-motrice des piles avec la pression, M. **P. Duhem** rappelle qu'il a formulé dans diverses publications antérieures la relation que les expériences de M. Gibault viennent de confirmer. — M. **E. Gossart** a fait de nouvelles recherches sur l'état sphéroïdal des liquides : en observant la température minimum des plaques à caléfaction, il a reconnu que sur des métaux entièrement polis, les sphéroïdes peuvent se maintenir bien au-dessous de leur point d'ébullition ; il a étudié aussi le roulement des liquides les uns sur les autres, principalement dans les liquides alcooliques ; il établit pour ces faits divers principes, d'où il tire une méthode pour déceler les impuretés de ces liquides. — M. Faye présente un mémoire de M. **de la Monneraye** sur une trombe observée aux Comores et un mémoire de M. **Le Goarant de Tromelin** « Sur les causes originelles des cyclones et sur leurs signes précurseurs ». Les observations contenues dans ces mémoires concordent avec le schéma du cyclone de M. Faye. — M. **Leteur** a préparé les divers bromostannates alcalins en mélangeant les solutions concentrées du bromure alcalin et du bromure stannique et évaporant dans le vide; les bromostannates s'obtiennent ainsi en beaux cristaux jaunes. — Dans une communication antérieure M. **G. Rousseau** avait montré qu'une solution concentrée de perchlorure de fer, maintenue quelque temps entre 160° et 220° donne naissance à l'oxychlorure ferrique cristallisé $2\,Fe\,O^3$, Fe^2Cl^6, $3\,H^2O$. En chauffant la solution très concentrée de perchlorure à des températures supérieures à 220° en présence d'un fragment de marbre, il a obtenu successivement les deux oxychlorures anhydres, $2\,Fe^2O^3$,

Fe^2Cl^6, entre 225° et 280°, et 3 Fe^2O^3, Fe^2Cl^6, entre 300° et 340°. — M. **H. Baubigny** indique la marche à suivre pour obtenir des dosages exacts du thallium par précipitation à l'état de proto-iodure. — M. **H. Causse** a reconnu que le chlorure du sodium en solution saturée s'oppose à la dissociation par l'eau des sels de bismuth, comme il l'avait déjà reconnu pour le chlorure d'ammonium; partant de ce fait, il a préparé le salicylate basique de bismuth. — MM. **Mallard** et **C. Cumenge** ont découvert dans le gissement de cuivre du Boléo (Mexique) un minéral en beaux cristaux cubiques, bleu indigo; l'analyse y a montré la présence de l'argent, du cuivre, du plomb, et du chlore; la composition centésimale est représentée assez exactement par la formule $PbCl^2 + CuO$, $H^2O + \frac{1}{3}$ AgCl. L'examen cristallographique montre qu'il s'agit d'un système pseudo-cubique; on trouve d'ailleurs quelques cristaux octaëdriques. — M. **C. Matignon** donne les résultats expérimentaux qui l'avaient amené il y a plusieurs mois déjà à concevoir la loi suivante qui vient d'être énoncée par MM. Stohmann et Langbein: la substitution d'un radical alcoolique lié à l'azote augmente plus la chaleur de combustion que la substitution du radical alcoolique lié au carbone. Il montre comment cette loi peut servir à l'établissement des formules de constitution; comme exemple, comparant les chaleurs de combustion de l'allantoïne et du pyvurile, il démontre par cette méthode calorimétrique que ce dernier corps est bien, comme l'avait dit M. Grimaux, le dérivé méthylé de l'allantoïne où le groupe CH^3 remplace le seul hydrogène qui ne soit pas lié à l'azote. — MM. **G. Bouchardat** et **J. Lafont** ont fait réagir l'acide benzoïque sur l'essence de térébenthine à 150°; ils étudient les produits multiples de cette réaction. — MM. **H.** et **A. Malbot**: Sur la formation d'iodures d'ammonium quaternaires par l'action de la triméthylamine, en solution aqueuse concentrée, sur les éthers iodhydriques de divers alcools primaires et d'un alcool secondaire. — M. **C. Chabrié**, coagulant du sérum du sang humain à 100°, reprenant sur l'eau chaude et précipitant par l'alcool, a obtenu un corps en petite quantité, qu'il considère comme une substance albuminoïde nouvelle pour laquelle il propose le nom d'*albumone*.

2° Sciences naturelles. — M. **Ch. Bouchard** examine d'une façon générale le mécanisme de la diapédèse et de la phagocytose, et détermine quelle place doit tenir dans la série des phénomènes l'action vasomotrice des produits solubles microbiens. Il rappelle qu'il a signalé dans les cultures du bacille pyocyanique une substance empêchant la diapédèse, substance que MM. Charrin et Gley ont démontré agir par paralysie du centre vaso-dilatateur; il propose pour cette substance le nom d'*anectasine*. Elle peut être employée comme hémostatique. Il rappelle également qu'il avait soupçonné dans les cultures bactériennes une subtance antagoniste de celle-là, puis M. Arloing a démontré l'existence d'une telle substance sécrétée par le staphylocoque; enfin M. Bouchard vient de constater une substance excitatrice du centre vaso-dilatateur dans l'extrait de cultures tuberculeuses connu sous le nom de tuberculine de Koch; il propose pour cette substance le nom d'*ectasine*. — M. **A. Charrin**, sur des malades auxquels il injectait dans un but thérapeutique les substances solubles du bacille pyocyanique, a constaté que ces substances provoquent la fièvre. — M. **Roger**, inoculant à des lapins des cultures atténuées du streptocoque de l'érysipèle, a vu se développer chez ces animaux une maladie chronique qui se rapproche de l'atrophie musculaire progressive, telle qu'on l'observe chez l'homme. — M. **E.-L. Bouvier** a étudié au point de vue anatomique un *Hyperoodon rostratus* femelle échoué près du laboratoire maritime de Saint-Vaast. — A propos de la note de M. Phisalix sur les mouvements des chromatophores des Céphalopodes, M. **R. Blanchard** rappelle qu'il a constaté que les prétendus muscles rayonnants de ces organes sont des fibres conjonctives. — M. **P. Bonnier** examine théoriquement comment l'oreille peut donner la perception de l'espace. — M. **Ad. Chatin** a étudié de nouvelles espèces de *Kamés* (truffes blanches) de Bagdad qu'il décrit sous les noms de *Terfezia Hafizi* et *T. Metaxasi*; il détermine un *Kamé* très abondant à Smyrne comme le *T. Leonis* de Tulasne. — M. **Decaux** a remarqué que les chiffons imbibés de pétrole, provenant du nettoyage des machines, préservent des insectes nuisibles les champs de betterave dans lesquels on les répand.

Mémoires présentés. — M. **A. Brousset** adresse un mémoire relatif à un système de chauffage à l'essence minérale, évitant les explosions. — M. **E. Müller** adresse un mémoire relatif à la locomotion aérienne : analyse et synthèse. — M. **Teguor** adresse la démonstration d'un théorème relatif à la théorie des nombres.

L. Lapicque.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 13 octobre

M. **Marjolin** : Recherches sur les résultats de l'application de la loi Th. Roussel aux enfants du premier âge placés en nourrice hors de leur famille. — M. Ed. **Nocard** : Sur l'emploi de la tuberculine comme moyen de diagnostic de la tuberculose bovine. Cinquante-sept bovidés furent soumis aux injections de tuberculine. Dix-neuf ont réagi; sur ces dix-neuf, dix-sept furent trouvés tuberculeux, après l'abatage. Huit au moins de ceux-ci n'auraient jamais pu être soupçonnés de tuberculose. Ce procédé a donc une réelle valeur au point de vue du diagnostic; aussi M. Nocard voudrait-il le voir employé régulièrement par les éleveurs et surtout les propriétaires d'étables, producteurs de lait pour la consommation. M. Nocard a employé d'une part la lymphe de Koch, et d'autre part une lymphe préparée à l'Institut Pasteur. Certains de ces échantillons ont donné exactement les mêmes réactions que la tuberculine de Koch. — M. **Semmola** : Sur le traitement physiologique de quelques maladies cutanées. Certaines formes d'eczéma et de psoriasis ne se montrent que pendant la saison froide. Ces dermatoses sont déterminées par l'action irritante des produits éliminés par la peau. Dans ces cas il faut stimuler le fonctionnement de la peau. Pour cela, l'auteur prescrit des bains chauds pendant trois heures par jour et des douches écossaises durant tout l'hiver. Il prescrit en outre le bicarbonate de soude aux malades arthritiques et l'iodure de sodium aux scrofuleux.

Séance du 20 octobre.

M. **A. Chauveau** : Sur la transformation des virus à propos des relations qui existent entre la vaccine et la variole. — Les expériences récentes de l'auteur ne lui ont fourni qu'une réponse négative en ce qui concerne la transformation du virus variolique en virus vaccinal. Différentes tentatives de cette transformation ont été faites à Hambourg, Carlsruhe, Genève, mais n'ont donné aucun résultat positif, ainsi que le démontrent les expériences de contrôle faites par l'auteur. Celui-ci arrive à la conclusion suivante relativement à l'influence que l'organisme du bœuf exerce sur le virus variolique : « Le virus variolique, dans l'organisme des animaux de l'espèce bovine, reste virus variolique. Il ne se transforme point en virus vaccinal et ne manifeste même aucune tendance à subir cette transformation. »

Séance du 27 octobre.

M. **A. Chauveau** continue la lecture de sa communication de la séance précédente sur la transformation des virus. S'il n'y a pas transformation du virus variolique en virus vaccinal, peut-être y a-t-il atténuation? A cette question l'auteur répond que ces deux virus sont deux agents infectieux *également forts*, également aptes à *s'atténuer*, mais l'atténuation ne va jamais jusqu'à la transformation d'un virus en l'autre. En un mot, *le virus vaccinal n'est pas du virus variolique atténué*. Si atténué qu'il soit, l'auteur affirme que : 1° le virus vaccinal ne donne jamais la variole à l'homme; 2° le

virus variolique ne donne jamais la vaccine au bœuf ou au cheval; 3° la vaccine n'est pas la variole atténuée et ne peut être comparée à l'infection charbonneuse bénigne communiquée aux animaux par l'inoculation du virus charbonneux atténué; 4° si la vaccine dérive de la variole, c'est par suite d'une transformation radicale — jusqu'à présent hors de la portée des expérimentateurs — du virus variolique ; 5° enfin, ces dernières propositions en entraînent une dernière plus générale qui est celle-ci : l'atténuation des virus n'est pas une opération qu'on puisse identifier avec leur transformation. C'est un virus d'*espèce différente* qui crée l'immunité antivariolique, quand on inocule la lymphe vaccinale à l'homme, ou l'immunité antivaccinale lorsqu'on inocule la lymphe variolique au cheval ou au bœuf.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 24 *octobre* 1891.

MM. **Lion** et **Marfan** : Deux cas d'infection générale apyrétique par le *Bacillus Coli communis* dans le cours d'une entérite dysentériforme. — M. **Hénocque** a examiné au moyen de son procédé les variations de la quantité d'hémoglobine dans le sang des tuberculeux, 1° sous l'influence d'injections de tuberculine, il y a des oscillations suivies d'une baisse progressive ; 2° sous l'influence d'injections de liquide testiculaire, il y a une ascension lente. — MM. **Mairet** et **Bosc** : Recherches sur la toxicité de l'urine des aliénés. — M. **G. Daremberg** : Sur le pouvoir destructeur du sérum sanguin pour les globules rouges. (Voir Acad. des Sciences, 19 octobre.) — M. **H. Morau** a continué à inoculer en série la tumeur épithéliale spontanée de la souris blanche, sur laquelle il a fait une communication antérieure ; sur les animaux de sa série, il a observé deux fois le fait suivant : la gestation arrêtant l'évolution du néoplasme, qui reprend une marche rapide aussitôt après le part. — MM. **Brown-Séquard** et **d'Arsonval** ont constaté que les extraits aqueux de divers organes animaux, injectés dans le sang d'autres animaux, sont bien moins toxiques qu'on ne le pensait : il en est ainsi, en particulier, pour le pancréas. — A propos de la communication de M. R. Blanchard sur les sangsues d'Afrique, qui peuvent vivre longtemps dans les premières voies des mammifères, M. **Mégnin** rapporte qu'il a observé à Vincennes des sangsues algériennes dans la bouche de chevaux d'artillerie qui revenaient de la campagne de Tunisie.

Séance du 31 *octobre.*

M. **Roger**, à propos de la communication faite à la séance précédente par MM. Brown-Séquard et d'Arsonval, sur la toxicité des extraits des tissus normaux, communique les résultats de ses recherches sur le même sujet; il a constaté aussi que ces extraits sont peu toxiques. — M. **Gaube** a étudié au point de vue chimique la sueur de l'homme et celle de divers mammifères, principalement du cheval ; il y a trouvé l'albumine comme élément constant; il a constaté aussi l'existence de diastases (*hydrozymases*) saccharifiant l'amidon et peptonisant l'albumine. — M. **L. Lapicque** expérimentant le citrate de soude sur un homme bien portant, mais de tempérament arthritique et se nourrissant presque exclusivement d'albuminoïdes, a constaté, sous l'influence de l'alcalin, une diminution dans la sécrétion de l'urée ; ce résultat diffère de celui obtenu dans les expériences physiologiques récentes faites dans le cas d'une nutrition normale.

L. Lapicque.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 6 *novembre* 1891

M. **Dufet** a déjà montré dans plusieurs travaux tout le parti qu'on peut tirer de l'emploi de la méthode de la réflexion totale pour la mesure des indices de réfraction. Mais des doutes ont été formulés sur la légitimité même de la méthode ; on a objecté que le polissage de la lame à étudier devait modifier la couche superficielle, et pouvait par suite influer sur le phénomène de la réflexion totale. Pour apprécier la valeur de l'objection, M. Dufet a mesuré les indices d'un grand nombre de substances simultanément par cette méthode et par celle du prisme. Il a opéré avec des appareils très parfaits, goniomètre de Brünner, réflectomètre de Pulfrich, et a imaginé des dispositifs ingénieux pour obtenir un haut degré de précision. La perfection des méthodes a été confirmée par l'accord des résultats avec les déterminations antérieures les plus autorisées. Le nombre trouvé pour le quartz par la méthode du prisme est identique à celui de M. Macé de Lépinay. Pour toutes les substances dures, telles que le quartz ou le spath, la méthode de la réflexion totale conduit exactement aux mêmes nombres que celle du prisme, quelle que soit la substance employée pour le polissage. Mais pour les substances tendres, sel gemme, sylvine, gypse, alun, etc., il n'en est plus tout à fait de même. La méthode de la réflexion totale donne des résultats toujours légèrement *plus grands* que l'autre, et les écarts variables avec l'orientation cristallographique de la lame sont nettement supérieurs aux erreurs possibles. Mais ils n'affectent jamais que la cinquième décimale. Aussi peut-on affirmer que, pour une précision ne dépassant pas la quatrième décimale, les deux méthodes se valent, et donnent exactement les mêmes résultats. Toutefois il faudrait se garder de généraliser ces conclusions relatives aux indices, et de les étendre à l'angle de polarisation. Dans ce cas, au contraire, les résultats diffèrent considérablement suivant le mode de polissage. Pour l'auteur, ces deux phénomènes, réflexion totale, angle de polarisation, doivent être d'un ordre essentiellement distinct et se produire dans des couches superficielles d'épaisseur différente. — La détermination des densités de l'azote, de l'oxygène et de la composition de l'air semblait, après les travaux de Regnault et de Dumas, être une question définitivement établie. M. **Leduc** y a pourtant signalé une discordance singulière, qui a été pour lui le point de départ d'un ensemble de recherches d'une grande importance. Les nombres de Regnault conduisent à une proportion centésimale d'oxygène en poids de 23,58, tandis que Dumas trouve rigoureusement 23. En examinant la probabilité des erreurs possibles, l'auteur a montré qu'elle a toutes chances de porter sur la densité de l'azote, dont la valeur admise doit être trop faible. Pour reprendre la détermination de cette densité, il a suivi la méthode de Regnault en y apportant différentes modifications importantes et susceptibles d'en accroître la précision. Ces recherches, conduites avec une très grande habileté d'expérimentation, lui ont donné le nombre 0,97203, au lieu de 0,97137, admis par Regnault. Il a pu en même temps découvrir la cause de cet écart. Dans la préparation de l'azote par le cuivre en planures, le métal doit être préalablement dépouillé des matières grasses par une oxydation superficielle suivie d'une réduction par l'hydrogène purifié. Or M. Leduc a montré d'une façon irréfutable que dans cette réduction l'hydrogène peut être absorbé par le cuivre. Dès le rouge sombre, il se forme un hydrure rouge hyacinthe dont la dissociation commence au rouge cerise. Regnault, non prévenu, n'a pas pris soin d'opérer la réduction *au-dessous du rouge* ; l'azote sur lequel il a opéré contenait de l'hydrogène, et lui a donné une densité trop faible. M. Leduc a ensuite repris les expériences directes de Dumas et Boussingault sur la compositon de l'air atmosphérique. Le nombre 23,23 pour la proportion centésimale de l'oxygène ne poids, qui résulte d'expériences très concordantes, coïncide aussi exactement que possible avec la valeur déduite de la composition en volume de Gay-Lussac et de Humboldt. D'autre part, de nouvelles déterminations de la densité de l'oxygène préparé en électrolysant une dissolution de potasse pour éviter la présence de composés chlorés, inévitables avec le chlorate de po-

tasse, l'ont conduit à substituer au nombre 1,10563 de Regnault la valeur 1,10506. La composition de l'air déduite de ces nouvelles densités de l'azote et de l'oxyène coïncide à $\frac{1}{10000}$ près avec la valeur trouvée par la méthode précédente. Pour le poids du litre d'air, M. Leduc trouve 1,2633 au lieu de 1,2936 (Regnault). Enfin il a contrôlé l'exactitude de son mode opératoire en déterminant par la même méthode la densité de l'hydrogène. Quel que soit le mode de préparation employé, électrolyse d'une dissolution de potasse ou procédé classique par le zinc et l'acide sulfurique, il a obtenu le même nombre 0,06948, qui conduit pour le poids du litre d'hydrogène normal au nombre même de Regnault 0,08984.

Edgard Haudié.

SOCIÉTÉ MATHÉMATIQUE DE FRANCE

Séance du 4 novembre 1891.

M. d'Ocagne expose dans ses grandes lignes la doctrine que, sous le titre de *Nomographie*, il vient de constituer dans un livre récent en vue de faire rentrer dans une même théorie générale aussi simple que possible toutes les constructions de tableaux graphiques de calculs tout faits ou *abaques*. Il signale à ce propos le parti qu'il a pu tirer, à un point de vue exclusivement pratique, des principes de dualité et d'homographie qui semblaient jusqu'ici ne devoir intervenir que dans des recherches purement spéculatives. — **M. Fouret** fait une communication sur les transformations homographiques ou dualistiques qui laissent inaltérée une congruence de droites du premier ordre et de la première classe. Il démontre en particulier qu'une pareille congruence est polaire, réciproque d'elle-même, par rapport à deux séries distinctes de surfaces du second ordre. Les surfaces de l'une des séries passent par les deux directrices de la congruence. Celles de l'autre sont conjuguées par rapport à ces deux droites. — **M. Laisant** présente, au sujet de l'interpolation quelques remarques tendant à indiquer non pas une méthode ni une formule nouvelle, mais un procédé pratique ayant pour objet d'abréger le plus possible les calculs dans les applications. Une formule quelconque étant donnée et satisfaisant à un certain nombre d'observations, on peut par l'adjonction d'un terme complémentaire facile à calculer faire qu'elle satisfasse à une observation de plus. — **M. Raffy**, en appliquant aux surfaces de révolution un théorème récemment publié par M. Weingarten, prouve que la détermination de toutes les surfaces applicables sur une surface de révolution donnée revient à celle des surfaces dont les rayons de courbure ρ et ρ' vérifient l'équation

$$(\rho - OP)(\rho' - OP) = f(MP)$$

où M désigne un point de la surface, O un point fixe, P le pied de la perpendiculaire abaissée de O sur le plan tangent en M, et f une fonction déterminée par la nature de la méridienne donnée. — Dans une seconde communication, **M. Raffy** montre comment on peut former des éléments linéaires en nombre infini, tels qu'on connaisse des surfaces (imaginaires) admettant cet élément linéaire et dépendant d'une fonction arbitraire. Il indique aussi de nouvelles surfaces dont on peut trouver des déformations dépendant d'un paramètre arbitraire.

M. d'Ocagne.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

Pendant les vacances, la Société a reçu les communications suivantes : **M. Coste** dans une étude sur les *Chemins de fer à voie étroite*, compare les voies de $1^m,00$ et $0^m,60$ au double point de vue des conditions d'établissement et d'exploitation et de l'effet utile qu'on en peut obtenir. Traitant successivement de l'épaisseur et de la largeur du ballast, des déclivités et rayons des courbes, de la vitesse des trains, du nombre des voyageurs et du poids utile en marchandises, du poids des rails et locomotives, de la dépense kilométrique d'établissement et des frais d'exploitation, il conclut que la dépense d'établissement d'une voie de $1^m,00$ est peu supérieure à celle d'une voie de $0^m,60$; et qu'au contraire les résultats d'exploitation sont beaucoup plus considérables. — **M. Grille** est partisan de chemins à voie de 0^m60, c'est-à-dire de la brouette, du camion à vapeur, qui est économique et se prête à des courbes de très petit rayon. — La *discussion du projet de Paris Port de mer*, projet exposé dans une précédente séance donne lieu à de nombreuses observations. — **M. Badois** tend à démontrer que le projet présente des dangers au point de vue hydrologique et hydrographique par suite de l'abaissement des plans d'eau et de l'assèchement de la Normandie qui résulteraient de sa réalisation ; il examine les accidents possibles dans le cas d'une grande crue, ou, au contraire, de l'abaissement subit des eaux. D'ailleurs, il conteste l'utilité du canal : ce qu'il faut — selon lui — c'est développer le commerce de Paris vers le nord en le reliant à Boulogne et Dunkerque. — **M. Bouquet de la Grye** rappelle d'abord que son projet a été déclaré exécutable par le Conseil général des Ponts et Chaussées ; quant au service de la navigation, il est à la fois juge et partie. Au point de vue de l'utilité, c'est un fait qu'il est de toute nécessité de faire avancer les navires dans les terres. Relativement aux objections concernant la transformation que le canal est accusé de faire subir à la Normandie, on peut dire que cette région doit sa fertilité à son climat maritime ; d'ailleurs la différence maxima entre les plans d'eau futurs et l'étiage est de 3 mètres, et les approfondissements n'existent que sur des longueurs insignifiantes ; enfin dans chaque mairie, le long de la Seine, on a consulté les intéressés qui se sont déclarés favorables au projet. M. Bouquet de la Grye insiste ensuite sur le nombre des écluses : il n'y en a que quatre, et c'est ce qui plaira aux marins. Si l'on passe à l'augmentation de la vitesse du courant en cas de crue, on trouve, en la calculant, qu'elle n'empêchera jamais les navires de remonter ; quant aux débâcles elles seraient moins dangereuses pour les navires qu'elles le sont pour les chalands. A propos de l'utilité, plus encore maintenant qu'en 1878, le canal donnera des résultats économiques, car la consommation du combustible nécessaire aux machines a baissé. Si enfin, comme on l'a dit, Paris n'est pas exportateur, pourquoi les autres ports se plaignent-ils de la concurrence que leur fera le canal ? Il y a là une répétition du fait qui s'est passé quand le Havre s'opposait au développement de Rouen. M. Bouquet de la Grye démontre que les armateurs auraient un bénéfice plus grand à envoyer leurs navires à Paris qu'à Rouen et que les commerçants jouiront dans le premier cas d'avantages équivalents. Cet avantage économique que procurera le canal est également prévu par les chambres de commerce, qui toutes, — sauf celles de l'Ouest — lui sont favorables. Enfin il n'y a pas d'aliénation de la Seine, puisque la batellerie pourra continuer sa concurrence. — **M. Roy** conteste l'utilité du canal en se fondant sur le ralentissement de vitesse qu'y subiront les bateaux et sur les prix du camionnage. — **M. Vauthier** adopte les mêmes conclusions basées sur ce que les quantités de marchandises par tonneau de jauge sont plus faibles que celles adoptées par M. Bouquet de la Grye. — L'importance de ce projet, dont l'intérêt national est évident, a fait remettre la suite de la discussion à une autre séance.

Séance du 2 octobre 1891.

M. Moreau fait une communication sur les *moteurs à gaz* ; il rappelle les développements qu'ils ont pris depuis l'exposition de 1867 où 3 modèles seulement étaient réunis, jusqu'à la dernière exposition qui contenait 53 modèles différents, et les avantages spéciaux qui expliquent ces développements. Ces avantages ne sont pas seulement pratiques, tels que la facilité d'ins-

tallation et de surveillance ; ils sont aussi théoriques ; le moteur à gaz a, en effet, au point de vue thermique, un rendement sensiblement double de celui de la machine à vapeur. Relativement au rendement lumineux le moteur à gaz peut encore produire, ainsi que l'a montré M. Aimé Witz, une économie singulière : il est préférable, au lieu de consommer directement le gaz dans un brûleur éclairant, de l'utiliser comme source calorifique à produire la lumière par l'intermédiaire d'un moteur, d'une dynamo et d'une lampe électrique; cela tient à ce que le rendement thermique du gaz est supérieur à son rendement lumineux, ce qui est l'inverse pour l'électricité. M. Moreau étudie ensuite le *nouveau moteur système Niel ;* c'est un moteur qui suit le cycle à quatre temps indiqué dès 1852 par Beau de Rochas, utilisé pour la première fois par Otto en 1876, et d'un usage si répandu aujourd'hui. On sait que ces quatre périodes sont : 1° aspiration du mélange de gaz et d'air; 2° compression du mélange; 3° explosion; 4° expulsion des produits de la combustion. Il n'y a ainsi une explosion utile que tous les deux tours du volant; mais il y a économie de gaz. Le moteur Niel est à un seul cylindre; M. Moreau y signale principalement le système de distribution disposé de telle sorte qu'on peut caler sur l'arbre deux volants symétriques et obtenir ainsi une grande régularité ; puis le régulateur qui permet de faire varier, d'un moment à l'autre, l'allure du moteur du simple au double. — **M. Molinos** présente quelques observations au sujet du *projet de Paris-Port-de-Mer ;* il rappelle les préoccupations relatives aux intérêts de Rouen et discute les chiffres de M. Bouquet de la Grye ayant trait à l'augmentation de trafic qu'apportera le canal, dont la profondeur devrait, selon lui, atteindre 8 mètres, et au prix d'exécution de ce canal.

P. Jannettaz.

SOCIÉTÉS MARITIMES SCIENTIFIQUES

INSTITUTION OF NAVAL ARCHITECTS

Session 1891

M. **David Joy** : *Cylindre auxiliaire pour machines marines.* Les organes de détente des machines marines à grande vitesse sont devenus très compliqués et encombrants. M. Joy cherche depuis plusieurs années à substituer à ce mécanisme l'action directe de l'eau ou de la vapeur. La détente bien connue et aujourd'hui très répandue qui porte son nom était déjà un premier pas dans la voie de la simplification. Le cylindre auxiliaire qu'il vient d'inventer en est un nouveau : il a pour effet de diminuer les efforts auxquels sont soumis les organes de détente, en vertu de leur masse et de leur vitesse considérables. Le moyen le plus simple et le moins dispendieux d'y parvenir était, sans toucher au tiroir, de remplacer par un cylindre où la vapeur aurait un rôle actif dans la conduite du tiroir, le cylindre ordinaire destiné à compenser le poids du train du tiroir au moyen de la vapeur qui agit sur son piston monté sur la tige du tiroir et calculé de manière à équilibrer le poids de ce train. L'auteur décrit les différentes phases par lesquelles a passé la disposition adoptée pour son cylindre. Tout d'abord, il eut un tiroir spécial mû par la vapeur; puis le piston fut modifié de manière à faire lui-même office de tiroir. Les premiers essais donnèrent lieu à bien des difficultés. Au moment où les orifices étaient démasqués, le choc de la vapeur à l'admission, ou l'influence du vide à l'évacuation, secouaient le piston, et la vapeur s'échappait d'un côté vers l'autre du cylindre. En outre, l'ajustage était fort délicat. Mais M. Joy arriva à donner au corps du piston une forme telle que l'admission et l'évacuation s'effectuant sur tout le pourtour à la fois, il se trouvait parfaitement équilibré. Le système Joy s'applique également bien aux machines horizontales. La manœuvre est des plus simples. Pour la mise en train, on admet une légère quantité de vapeur, qui équilibre l'appareil. Puis, dès que le piston du grand cylindre s'est mis en mouvement, la vapeur, entre de plus en plus et actionne la détente. — Dans la discussion générale qui a suivi cette communication, M. Thom dit avoir relevé des diagrammes des efforts supportés par une tige de tiroir, et les avoir trouvés semblables à ceux d'une pompe à air : tout le travail s'accomplit vers le commencement et vers la fin de la course. Aussi approuve-t-il l'invention de M. Joy; mais il suggère d'en modifier le dispositif de manière à rendre aussi efficace que possible à bout de course l'action du cylindre auxiliaire. Il croit possible d'y arriver par une forte compression. Il pense que le fonctionnement du cylindre Joy doit être parfait dans les machines horizontales, mais que dans les machines à pilon cet auxiliaire doit être moins utile, le poids du train du tiroir étant suffisant pour agir dans le mouvement de descente.

NORTH EAST COAST INSTITUTION OF ENGINEERS AND SHIPBUILDERS

Session 1891

M. **J. Petree** : *Sur la base des échantillons des navires.* Les échantillons de toutes les pièces qui entrent dans la construction des navires se déterminent d'après des nombres calculés en fonction des dimensions principales, et appelés bases d'échantillons. Chacune des Sociétés de classification a sa base propre. La base actuelle du Lloyd anglais prête le flanc à bien des objections et soulève des protestations de jour en jour plus nombreuses. La question d'un changement de base est à l'ordre du jour.— Avant son système actuel, qui dure depuis vingt ans, le Lloyd employait le tonnage sous le pont (*underdeck tonnage.*) Cette base avait plusieurs inconvénients : d'abord le tonnage prévu est souvent modifié pendant la construction; le tonnage officiel provient de mesures prises directement à bord après l'achèvement, et peut différer notablement de la capacité prévue. En second lieu, le tonnage n'a pas de relation déterminée avec le déplacement; or, ce dernier auquel les efforts sont proportionnels doit intervenir dans la détermination des échantillons et accessoires de coque. Le tonnage est la base fiscale, car il est la mesure de la valeur commerciale du navire. Pour les échantillons, il faut autre chose. Si L représente la longueur du navire, B la largeur, D le creux, les nombres actuels du Lloyd sont, en négligeant l'arrondi des bouchains $B + 2D$ et $L(B + 2D)$ c'est-à-dire le périmètre de la section droite et la surface latérale d'un parallélipipède rectangle. Le premier de ces nombres déprécie le creux sans raison. La somme $B + D$, choisie par le Bureau Véritas, est bien préférable. Or, ce nombre est important : il règle toutes les liaisons transversales, à l'exception des barrots. Peut-être serait-il à désirer que l'on exceptât aussi les varangues, qui, comme les barrots, pourraient être fixées par la largeur. Le deuxième nombre du Lloyd, qui règle les échantillons des pièces longitudinales, bordé extérieur, carlingues, etc... représente une surface; il varie comme le carré des dimensions homologues pour des navires semblables, tandis que le tonnage varie selon une puissance plus élevée, le déplacement selon le cube, et le moment de flexion longitudinale selon la quatrième puissance. Le nombre du Lloyd n'a donc aucun rapport avec les efforts auxquels il a la prétention de proportionner les échantillons. En passant d'un nombre au suivant, les poids et les efforts réels varient bien plus rapidement que les nombres eux-mêmes. La finesse des formes a beaucoup d'influence sur le déplacement qu'elle peut faire varier du simple au double, et pourtant, elle ne modifie pas le nombre, ni par conséquent les échantillons, ce qui est évidemment irrationnel. L'auteur ajoute que la détermination des ancres et des chaînes devrait aussi être basée non sur le nombre du Lloyd, mais sur le déplacement. Remarquons cependant que la puissance de ces accessoires de coque dépend dans une large mesure de l'importance des œuvres mortes sur lesquelles agit le vent, et que le déplacement ne

serait pas par suite une meilleure base que celle du Lloyd à cet égard. Pour revenir à la coque elle-même, l'auteur reconnaît que le choix du déplacement comme base n'est pas exempt de difficultés; mais elles ne sont point insurmontables. D'ailleurs le déplacement est l'élément le plus important en même temps que le plus élastique. C'est lui qu'on peut le mieux régler pour un navire d'échantillons donnés. Il est d'ailleurs lié au franc-bord de telle sorte qu'il semble naturel que sa limitation devienne une condition de classification pour tous les navires, comme il l'a toujours été pour les hurricanedecks. Il suffirait que les constructeurs soumettent aux Sociétés de classifications le déplacement des navires en même temps que les dimensions principales et les plans. En résumé, sans proposer de formule précise, M. Petree demande une nouvelle réglementation des échantillons, basée sur le déplacement en charge, comme étant l'expression la plus exacte de la solidité des navires, et par conséquent de la cote que leur attribue le registre de classification.

L. Vivet.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 31 octobre

1° Sciences mathématiques. — M. **F.-J. van den Berg** : Sur le calcul de systèmes centrés de lentilles. — M. **C.-H.-C. Grinwis** présente son mémoire : L'énergie cinétique du mouvement central (décomposition de la vitesse en deux composantes rectangulaires, dont l'une est dirigée vers le centre, et étude de la variation des énergies correspondantes en quelques cas particuliers). — M. **P.-H. Schoute** s'occupe de deux problèmes de timbres-poste proposés par M. Em. Lemoine (Voir page 120 de la *Théorie des nombres*, de M. Ed. Lucas, dont la mort inattendue est une grande perte pour les sciences mathématiques). Il transforme la première question de la bande de p timbres-poste, de manière qu'elle ne se rapporte qu'à des permutations des nombres 1, 2, 3... p, déduit les solutions du problème pour $p+1$ de celles du problème pour p et explique la table synthétique suivante du nombre X_p des solutions du problème jusqu'à $p=9$.

p			X_p
3... 3	(1.2)	=	6
4... 4	(2.2)	=	16
5... 5	(2.2 + 2.3)	=	50
6... 6	(6.2 + 4.3)	=	144
7... 7	(10.2 + 10.3 + 4.4)	=	462
8... 8	(32.2 + 26.3 + 8.4)	=	1392
9... 9	(68.2 + 65.3 + 33.4 + 8.5)	=	4527

Ensuite, il fait voir que les nombres $X_{p,q}$ des solutions du problème de la feuille rectangulaire de pq timbres-poste doit surpasser l'expression

$$\binom{p+q-2}{p-1} X_p \; X_q$$

à cause de la fixation des positions intermédiaires par les plis transversaux. Ainsi, au lieu de $X_{3,3}=216$, $X_{4,4}=5120$... $X_{9,9}=263754\ 292230$, on trouve des nombres plus considérables $X_{3,3}=296$, $X_{4,4}=16096$, etc.

2° Sciences physiques. — Rapport de MM. H. Kamerlingh Onnes et H.-W. Bakhuis Roozeboom sur le mémoire intitulé : Recherche bolométrique de spectres d'absorption, de M. **W.-H. Julius** (examen de la partie extrême de l'infra-rouge des spectres d'absorption de quelques liquides et du diamant; résultats remarquables). — MM. **S. Hoogewerff** et **W.-A. van Dorp** : Sur la réaction entre le chlorure de phtalyle et l'ammoniaque et la formation de l'acide orthocyano-benzoïque. La réaction de l'ammoniaque sur le chlorure de phtalyle a été déjà étudiée par MM. Kichara, Graebe, Pictet, et récemment par M. Auger. MM. Hoogewerff et van Dorp se sont occupés de cette réaction en continuant leurs recherches sur la phtalimide, dont ils avaient trouvé la transformation en acide anthranilique [1], et cherchant à élucider la question de la constitution symétrique ou asymétrique de cet imide. En faisant tomber le chlorure de phtalyle dans un excès d'ammoniaque aqueux refroidi et en acidulant la solution obtenue par de l'acide chlorhydrique dilué, il se dépose un corps qui, séché sur de l'acide sulfurique, est purifié en le dissolvant dans de l'acétone, et en le précipitant de cette solution par de l'éther de prétole. La composition des fines aiguilles ainsi obtenues est celle de la phtalimide; son point de fusion est néanmoins à 180° — 190°; le corps fondu se solidifie pour ne fondre après qu'à 230°. Il s'est transformé en phtalimide ordinaire. Il a un caractère franchement acide, décompose les carbonates et les acétates alcalins et alcalino-terreux; l'acide chlorhydrique sépare le corps inaltéré de la solution aqueuse des sels formés. En préparant son éther éthylique, les auteurs le trouvèrent identique à l'éther éthylique de l'acide orthocyano-benzoïque obtenu par Müller [2] et donnant la même phtalimidoxime (point de fusion, 250°). Par l'acide sulfurique, le corps se transforme en acide phtalamique. Les auteurs concluent que le corps n'est autre chose que l'acide orthocyano-benzoïque libre, qu'on ne connaissait pas à l'état libre. Ils montrent que, de cette réaction, on peut déduire la constitution symétrique de la phtalimide ordinaire; quant au chlorure de phtalyle, on lui attribue la formule asymétrique. Cette conclusion est affirmée par la préparation d'une diamide, qu'on obtient en décomposant par de l'ammoniaque dissous dans de l'alcool méthylique, l'éther de l'acide phtalique; cette diamide est identique à celle qu'on obtient par la réaction de l'ammoniaque aqueux sur la phtalimide ordinaire. Les auteurs continuent leurs recherches. — M. **H.-W. Bakhuis Roozeboom** : La solubilité des mélanges de sels isomorphes [3].

3° Sciences naturelles. — M. **C. van Wisselingh** : Sur la lamelle de liège et la subérine. MM. N.-W.-P. Rauwenhoff et J.-W. Moll sont nommés rapporteurs. — M. Rauwenhoff présente la thèse de M. **J.-C. Koningsberger**, intitulée : Sur la formation de fécule chez les Angiospermes. — M. J.-M. van Bemmelen fait connaître le résultat des recherches de M. **J. Lorié** sur la constitution du sol du Brabant et du Limbourg.

4° Sciences médicales. — Est décidée l'insertion, dans les œuvres de l'Académie, du mémoire de M. **H.-J. Hamburger** : Sur l'influence de la respiration sur la perméabilité du sang. — M. **J.-B. Stokvis** commu-

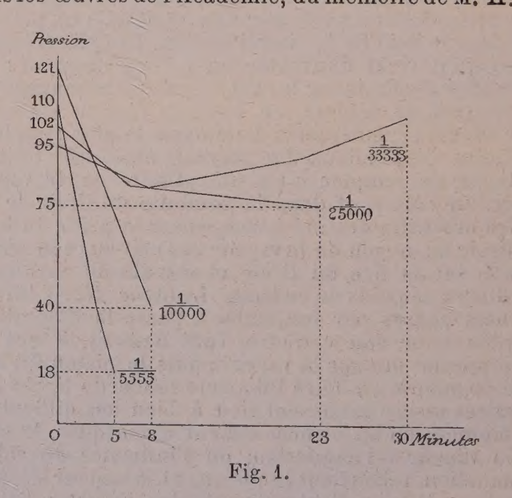


Fig. 1.

[1] Voir *Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas*, t. X, p. 6, et *Revue générale des Sciences*, t. II, p. 94.

[2] *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, 1886, p. 1498.

[3] Oswald's *Zeitschrift für physikalische chemie*, t. VIII, p. 504.

nique les résultats de ses expériences sur l'antagonisme mutuel des poisons et l'action combinée d'antagonistes mutuels. Dans ces expériences, il s'est servi du cœur de la grenouille, isolé et nourri artificiellement par du sang de bœuf dilué. Dans une première série d'expériences, il a constaté que la muscarine et la digitaline se comportent par rapport à cet organe comme des poisons antagonistes mutuels, c'est-à-dire que les effets paralysants de la muscarine sont toujours annihilés par l'action excitante de la digitaline, et *vice versa*. Ajoutant en même temps au sang qui traversait le cœur, de la muscarine et de la digitaline, il trouve que l'action antidotaire se prononce d'autant plus, étant donnée une solution invariable de muscarine (1/25000), que la solution de digitaline appliquée en même temps est plus diluée. En effet, la représentation graphique (fig. 1) montre que l'intensité de la contraction du cœur, mesurée par la pression du sang, s'abaisse très vite quand le sang contient 1/25000 de muscarine et 1/5555 de digitaline, tandis qu'elle ne présente pas de changement considérable quand le sang contient 1/25000 de muscarine et 1/33333 de digitaline. En dernier lieu, il remarque que le rétablis-

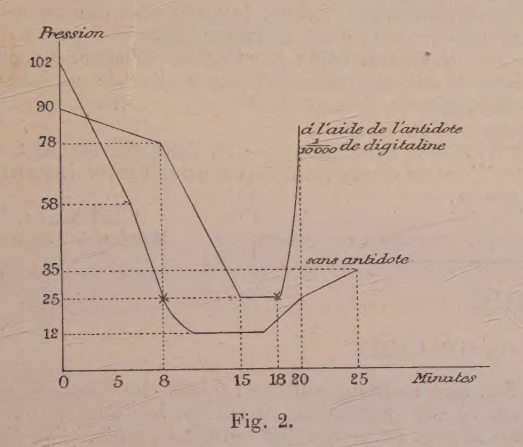


Fig. 2.

sement du cœur empoisonné s'effectue beaucoup plus lentement dans le cas de la muscarine seule que dans le cas des deux antagonistes à la fois. Cette différence est indiquée dans la figure 2 où les deux croix font connaître le moment où le sang empoisonné a été remplacé par du sang normal. SCHOUTE,

Membre de l'Académie.

SOCIÉTÉ DE PHYSIOLOGIE DE BERLIN

Dans le compte-rendu de la séance du 16 octobre, paru dans le précédent nº (p. 685), au sujet de la note de M. Lilienfeld, lire partout « plaquettes du sang » au lieu de « globules sanguins ».

Séance du 30 octobre.

M. **J. Gad** en excitant la portion de l'écorce du cerveau du lapin qui est située de part et d'autre du sillon longitudinal en avant du point de rencontre de celui-ci avec la suture coronale, a vu se produire des mouvements des lèvres, et des mouvements de préhension et de mastication. D'autre part, il a pratiqué une ablation limitée de l'écorce en ce point; alors une feuille de chou présentée à l'animal était bien saisie par les lèvres et mâchée, mais au bout de peu de temps, la mastication cessait et la feuille mâchée tombait hors de la bouche; en touchant le palais avec la côte d'une feuille de chou on obtenait des mouvements de déglutition. Par conséquent, les mouvements de mastication et les mouvements de déglutition étaient intacts, mais il manquait l'acte intermédiaire, de former le bol et de le pousser vers l'arrière-bouche. Quatre ou cinq jours après l'opération, les lapins opérés présentaient une autre réaction anormale; ils mâchaient des bandelettes de papier imprégnées d'une solution de quinine, comme des bandelettes simplement mouillées, tandis que les lapins normaux rejettent aussitôt la solution de quinine. Le sens du goût, très facile à mettre en évidence chez le lapin, est aboli par l'ablation d'une partie déterminée du cerveau. C'est l'absence de ce sens que M. Gad considère comme la cause des troubles qui apparaissent dans la façon de manger des lapins qui ont subi cette ablation. Au bout de quelque temps la fonction se rétablit et les animaux mangent normalement, comme les non-opérés. L'auteur, s'appuyant sur ces expériences, s'élève contre l'opinion assez répandue que les lapins ne sont pas propres à servir de sujets pour l'expérimentation sur le cerveau. — M. **H. Munk**, au cours de la discussion, expose les trois façons différentes dont on peut s'expliquer la restitution d'une fonction abolie par l'ablation d'une partie déterminée du cerveau. Ou bien on admet que les centres inférieurs qui ont même fonction entrent en action après l'ablation des centres du cerveau; ou bien que les parties voisines remplacent le centre enlevé; ou bien que toute cellule ganglionnaire peut remplir une fonction quelconque, suivant la nature de l'excitation qui lui parvient. Cette dernière explication exclut l'énergie spécifique du système nerveux. M. Munk pour sa part n'a jamais observé la restitution d'une fonction disparue après l'ablation totale du centre.

Dr W. SKLAREK.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Séance du 8 octobre 1891.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — M. **Schober**, d'Innsbruck : « Sur la théorie polaire des sections coniques. »

2° SCIENCES PHYSIQUES. — M. **Puschl** : « Sur les forces intérieures des liquides et des gaz. » Il résulte de l'expérience que le travail de la chaleur pour un changement de volume du corps sous une pression p est en général différent du travail extérieur, et dans un rapport déterminé $\frac{p+i}{p}$; l'auteur étudie la variation de i pour un corps observé, avec la pression et la température. Pour toute substance qui se raréfie à partir de l'état critique, qui passe à l'état gazeux ordinaire, cette quantité diminue et elle s'accroît pour un accroissement de densité. Mais la diminution de i avec la densité ne s'observe que dans des certaines limites variables avec la température; i passe en réalité par un maximum au-delà duquel i diminue pour un accroissement ultérieur de densité. i peut se déduire pour l'eau des expériences relatives à l'étude de l'eau sous de hautes pressions et pour les solides, des expériences d'Edlund. Quant à la variation de i avec la température, i peut sous une pression donnée finir par changer de signe pour une élévation comme pour un abaissement de température; i reste toujours positif entre certaines limites fixes aussi bien de température que de pression, mais est négatif en dehors de ces limites. — M. **Pitsch** : « Sur l'achromatisme. » L'expérience montre qu'un double prisme achromatique dont l'achromatisme est calculé pour un angle d'incidence déterminé des rayons lumineux, présente une position de meilleur achromatisme pour un angle d'incidence qui ne concorde pas avec celui pour lequel le calcul a été fait. En vain Fraunhofer et d'autres auteurs ont cherché à faire un calcul plus exact; ils n'ont pas réussi à retrouver le résultat de l'expérience. L'auteur cherche à donner une théorie de l'achromatisme qui soit d'accord avec l'expérience, et il arrive à ce résultat, qu'on obtient un achromatisme aussi bon que possible, quand des rayons voisins parallèles de la couleur la plus lumineuse du spectre (d'après Fraunhofer cela correspond à peu près à la longueur d'onde 8,874) restent parallèles après la réfraction. L'accord de la théorie avec l'expérience est

alors prouvé par les mesures de Steinheil et Vogt, aussi bien que par celles de Fraunhofer.

3° Sciences naturelles. — M. **Adamkiewicz** présente un premier aperçu des résultats de ses recherches sur la *pression cérébrale* et présente comme conclusion ses tableaux « sur l'orientation des surfaces du cerveau de l'homme vivant. » — M. **Alfred Nalepa,** de Linz, continue ses communications sur de « nouveaux acarides » : le *phytoptus enanthus,* qui vient des déformations de floraison de la *Jasione montana* ; —*phytoptus informis, tegonatus dentatus,* etc. — M. **Claus** communique un exemplaire de son ouvrage : « Les halocyprides de l'Océan Atlantique et de la Méditerranée » (avec 26 planches). — Le secrétaire annonce que les recherches scientifiques dans la Méditerranée orientale, qui ont été conduites cet été, comme l'été précédent, par le vaisseau *Pola,* ont conduit à la découverte d'une profondeur plus grande que celles qu'avaient révélées les précédents sondages. Cette profondeur atteint 4.400 mètres et se trouve à 35° 44′ 20″ de latitude nord et 21° 44′ 50″ de longitude est, au sud-est de l'île de Cérigo. La plus grande profondeur, connue jusqu'ici était située beaucoup plus à l'ouest : elle était de 4000 mètres.

Séance du 15 octobre.

1° Sciences mathématiques. — M. **Wernicke** : La loi d'attraction des formes barycentriques. — M. **Gustave Kohn** : Sur les résultants d'un covariant et d'une forme fondamentale.—M. **Bidschof,** assistant à l'Observatoire de l'Université de Vienne : envoie un mémoire, « Détermination de la trajectoire de la planète (279) Thulé. »

Epoque : 20 février 1891, 0, temps moyen de Berlin :

$$
\begin{aligned}
L &= 104°21'30'',8 \\
M &= 155.36.48,8 \\
\pi &= 308.44.42,0 \\
\Omega &= 75.26.12,1 \\
\omega &= 223.18.29,9 \\
i &= 2.22.34,2 \\
\varphi &= 4.43.14,2 \\
\log a &= 0,629667 \\
\mu &= 403''1860
\end{aligned}
$$

(π, Ω, ω, i : écliptique moyen et équinoxe 1890,0.)

2° Sciences physiques. — M. **Trabert** : « La marche journalière de la température et de la radiation solaire sur le sommet du Sonnblick. » D'observations qui ont duré quatre ans, on a déduit les lois suivantes : Même au Sonnblick la quantité de chaleur amenée par convection est plus de trois fois plus grande que la quantité de chaleur reçue directement par l'absorption des rayons solaires. La loi de la variation de la radiation avec la température peut s'énoncer en disant que la chaleur rayonnée dans l'unité de temps par l'unité de masse d'air vers une enceinte dont la température est le zéro absolu, est proportionnelle à la température absolue de la masse. Enfin les jours sereins finissent au Sonnblick, durant toute l'année, 1° ou 2° plus chauds qu'ils n'ont commencé, c'est l'inverse pour les jours brumeux.— M. **Garzarolli** : Sur l'acide-γ-trichlor-β-oxybutyrique et une nouvelle synthèse de l'acide malique.— M. **Haubner** : Action de l'acide sulfureux sur l'aldéhyde crotonique.

3° Sciences naturelles. — M. **Léopold Réthi** : Sur l'acte d'avaler et ses relations avec la partie antérieure du gosier.

Emil Weyr,
Membre de l'Académie.

CHRONIQUE

LES OSCILLATIONS DE PANTELLARIA

L'apparition soudaine d'un volcan à Pantellaria vient d'appeler l'attention des géologues sur cette petite île, située, comme on sait, au milieu du détroit de Sicile [1]. C'est un rocher volcanique, dont le sommet atteint l'altitude de 740 mètres ; les sources minérales, — froides et chaudes, — sont nombreuses en temps normal, ainsi que les jets de vapeur. Les fumerolles sont particulièrement abondantes dans une grotte dont la température est tellement élevée qu'il est impossible d'y séjourner plus de quelques instants. Ailleurs, les vapeurs condensées forment un lac d'une certaine étendue. C'est dire que, jusqu'à ces dernières semaines, les évents de l'île se trouvaient dans des conditions d'activité solfatarienne.

Autour d'elle la profondeur de l'eau est très variable. Un plateau sous-marin, — *banc de l'Aventure* des marins, — baigné par environ 40 mètres d'eau, la relie à la Sicile. Au Sud-Est et du côté de l'Afrique la mer est au contraire très profonde.

Rien ne faisait prévoir en ces derniers temps une modification de cet état de choses. L'activité volcanique semblait sommeiller. Elle vient de se manifester brusquement. Depuis quelques semaines, l'île est secouée par des tremblements de terre et paraît avoir subi un mouvement de bascule du nord au sud. Certaines parties du littoral se sont élevées d'environ un mètre.

On signale des feux jaillissants au centre de l'île. Des maisons se sont écroulées par suite des oscillations du sol. Des sources ont tari ; toutes les citernes d'un village se sont brusquement vidées. Les falaises basaltiques se sont écroulées sur certains points, et la côte, plus ou moins rectiligne auparavant, présente aujourd'hui des anfractuosités profondes qui rappellent les *fiords* de Norwège. Un volcan nouveau a surgi du sein des flots.

M. le professeur Riccio a été envoyé, par le gouvernement italien, pour étudier ces phénomènes. Les détails de l'émersion ne sont pas encore connus. Tout porte à croire que l'on est en présence de phénomènes semblables à ceux qui, en 1831, ont accompagné la soudaine apparition de l'île Julia, demeurée célèbre dans les annales des sciences géologiques. La *Revue* aura prochainement l'occasion de revenir sur ce sujet.

G. Ramond.

[1] Les coordonnées sont :
36° 44′45″ — 36° 52′ Latitude Nord.
9°32′ — 9° 43′45″ Longitude Est.

La superficie de l'île est de 103 kilomètres carrés : son périmètre, de 46 kilomètres. Sa population, répartie en 5 villages, se compose de 7.300 habitants.

L'Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire

On annonce pour le 1er janvier prochain, chez les éditeurs Gauthier-Villars et Masson, les premiers volumes d'une grande publication dirigée par M. Léauté, membre de l'Institut, sous ce titre : *Encyclopédie scientifique des Aide-mémoire.*

Cette Encyclopédie, qui comprendra toutes les sciences appliquées, depuis la mécanique, l'électricité, l'art de l'ingénieur, la physique et la chimie industrielles, etc., jusqu'à la biologie et la médecine, se composera de petits volumes d'un caractère pratique sous une forme condensée, très au courant de la science, publiés rapidement et avec régularité, signés chacun d'un nom autorisé. Le catalogue des 300 ouvrages qui paraîtront successivement et des séries qu'ils formeront sera donné sous peu de jours.

Le Directeur-Gérant : Louis Olivier

Paris.—Imprimerie F. Levé, rue Cassette, 17.